A FÍSICA DO FUTURO

COMO A CIÊNCIA MOLDARÁ O DESTINO HUMANO E O NOSSO COTIDIANO EM 2100

MICHIO KAKU

Autor de *Hiperespaço* e *A física do impossível*

https://livros-pdf-ciencias-exatas.blogspot.com.br/

MICHIO KAKU

A FISICA DO FUTURO

COMO A CIÊNCIA MOLDARÁ O DESTINO HUMANO E O NOSSO COTIDIANO EM 2100

Formatado e convertido para ePub por RELÍQUIA

Traduzido, revisado e digitalizado por L. A.

Copyright © 2011 por Michio Kaku.

Brasil - São Paulo.

ÍNDICE

Para minha amada esposa, Shizue, e minhas filhas, Michelle e Alyson.

INTRODUÇÃO

Predizendo os próximos 100 Anos

Quando eu era criança, duas experiências me ajudaram a moldar a pessoa que sou hoje e deram origem a duas paixões que ajudaram a definir minha vida inteira.

Primeiro, quando eu tinha oito anos, lembro-me todos os professores trazendo as mais recentes notícias de que um grande cientista acabara de morrer. Naquela noite, os jornais imprimiram uma foto de seu escritório, com um manuscrito inacabado em sua mesa. A legenda dizia que o maior cientista de nossa era, não poderia terminar sua maior obraprima.

O que, eu me perguntei, poderia ser tão difícil, que tal um grande cientista, não poderia terminá-la? O que poderia ser tão complicado e quanto era importante? Para mim, eventualmente, isso se tornou mais fascinante do que qualquer mistério de assassinato, mais intrigante do que qualquer história de aventura.

Eu tinha que saber o que estava no manuscrito inacabado.

Mais tarde, descobri que o nome do cientista era Albert Einstein e o manuscrito inacabado seria o seu coroamento, a sua tentativa de criar uma "teoria de tudo", uma equação, talvez não mais do que uma polegada de largura, que iria desvendar os segredos do universo e, talvez, permitir-lhe "*Ler a mente de Deu* ".

Mas a outra experiência fundamental da minha infância foi quando eu assisti no sábado de manhã na TV, especialmente a série Flash Gordon, com Buster Crabbe. Toda semana, meu nariz estava colado à tela da televisão. Eu era magicamente transportado para um mundo misterioso de alienígenas, naves espaciais armas de raios laser, batalhas, cidades submarinas, e monstros. Eu era viciado. Esta foi a minha primeira exposição ao mundo do futuro. Desde então, eu tive um espanto infantil quando pensava no futuro.

Mas depois de assistir todos os episódios da série, eu comecei a perceber que apesar de o Flash ter todos os elogios, foi o cientista Dr. Zarkov que realmente fez o trabalho na série. Ele inventou o foguete, o escudo de invisibilidade, a fonte de energia para a cidade no céu, etc., Sem o cientista, não há futuro. O belo pode ganhar a admiração da sociedade, mas todas as invenções maravilhosas do futuro são um subproduto do desconhecido, de cientistas anônimos.

Mais tarde, quando eu estava no colegial, eu decidi seguir os passos desses grandes cientistas e coloquei um pouco do meu aprendizado em teste. Eu queria fazer parte da grande revolução que eu sabia que ia mudar o mundo. Decidi criar um esmagador de átomos. Pedi para minha mãe autorização para construir acelerador de

partículas na garagem de um 2,3 milhão de elétron volts. Ela estava um pouco assustada, mas me deu o ok. Então, eu fui a Varian Associates Westinghouse e, peguei uns 400 quilos de aço num transformador e 22 quilômetros de fio de cobre, e os montei num acelerador bétatron na garagem da minha mãe.

Anteriormente, eu tinha construído uma câmara de nuvem, com um poderoso campo magnético e faixas fotografadas de antimatéria. Mas a antimatéria não fotografava bem, o suficiente. Minha meta agora era o de produzir um feixe de antimatéria. De bobinas magnéticas o smasher de átomo é um enorme sucesso na produção de 10.000 Gauss de campo magnético (cerca de 20.000 vezes o campo magnético da Terra, que seria em princípio suficiente para rasgar um martelo para a direita fora de sua mão). A máquina absorveu seis quilowatts de energia, drenagem de toda a eletricidade que a minha casa podia fornecer. Quando eu liguei a máquina, eu frequentemente apagava todos os fusíveis da casa. (Minha pobre mãe deve ter se perguntado por que ela não poderia ter um filho que jogasse futebol em vez disso …), assim, duas paixões me intrigaram em toda a minha vida: o desejo de compreender todas as leis físicas do universo em uma única teoria coerente e desejo de ver o futuro.

Eventualmente, eu percebi que essas duas paixões eram realmente complementares. A chave para entender o futuro é compreender a leis fundamentais da natureza e depois aplicá-las aos inventos, máquinas e terapias que iriam redefinir a nossa civilização num futuro distante.

Temos até ao momento, eu descobri, inúmeras tentativas de prever o futuro, muitas informações úteis e perspicazes. No entanto, elas foram escritos principalmente por historiadores, sociólogos, escritores de ficção científica, e "*futuristas*", ou seja, estrangeiros que estão prevendo o mundo da ciência sem um conhecimento de primeira mão da ciência em si. Os cientistas, os iniciados que estão realmente criando o futuro em seus laboratórios, estão muito ocupados fazendo descobertas sem terem tempo para escrever livros sobre o futuro para o público.

É por isso que este livro é diferente. Espero que este livro lhe traga uma perspectiva privilegiada sobre descobertas milagrosas que nos esperam e fornecer um olhar da mais autêntica autoridade no mundo de 2100.

Naturalmente, é impossível prever o futuro com uma precisão absoluta. O melhor que se pode fazer, eu sinto, é abrir a torrentes das mentes dos cientistas nos tops de pesquisa, que estão fazendo o trabalho do escritor de inventar o futuro. Eles são os únicos que estão criando os dispositivos, invenções e terapias que irão revolucionar a civilização. E este livro é a história deles. Eu tive a oportunidade de sentar na primeira fila desta grande revolução, tendo entrevistado mais de 300 dos melhores cientistas do mundo, pensadores e sonhadores de televisão e rádios nacionais. Também tenho tido equipes de TV em seus laboratórios para filmar os protótipos de dispositivos notáveis que irão mudar o nosso futuro. Tem sido uma honra rara ter sido recebido por

numerosos cientistas para a BBCTV, o Discovery Channel e do Canal Ciência, o perfil das invenções e descobertas notáveis dos visionários que estão ousando criar o futuro.

Ser livre para prosseguir o meu trabalho sobre a teoria das cordas e espionar as pesquisas de ponta que irão revolucionar o século XX, eu sinto que tenho um dos maiores empregos desejáveis na ciência. É o meu sonho de criança.

Mas este livro é diferente dos meus anteriores. Em livros como *Além de Einstein, Hiperespaço e Mundos Paralelos*, que discutiam os novos e revolucionários ventos varrendo minha área, que é a física teórica, que estão abrindo novos caminhos para entender o universo. Em *Física do Impossível*, eu discuti como as mais recentes descobertas da física podem, eventualmente, tornar possível, mesmo os regimes mais imaginativos da ficção científica.

Este livro que mais se assemelha ao *Visões* meu outro livro, no qual discutimos como a ciência vai evoluir nas próximas décadas. Estou satisfeito de que muitas das previsões feitas no livro estão sendo realizadas hoje em dia. A precisão do meu livro, em grande medida, dependeu da sabedoria e previsão de muitos cientistas que eu entrevistei para ele. Mas este livro tem uma visão muito mais ampla do futuro, discutindo as tecnologias que vencem os 100 anos, que acabará por determinar o destino da humanidade. Como podemos negociar os desafios e oportunidades que dos próximos 100 anos vão determinar a trajetória final da raça humana.

Previsão para o próximo século

Prevendo os próximos anos, muito menos de um século para o futuro, é uma tarefa difícil. No entanto, é aquele que nos desafia a sonhar com tecnologias acreditamos um dia vão mudar o destino da humanidade.

Em 1863, o grande romancista Jules Verne se comprometeu, talvez com o seu projeto mais ambicioso. Ele escreveu um romance profético, chamado *Paris*, no século XX, em que ele aplicou toda a potência do seu enorme talento para prever o próximo século. Infelizmente, o manuscrito estava perdido na névoa do tempo, até seu bisneto acidentalmente tropeçar num cofre onde havia sido trancado por quase 130 anos. Percebendo que um tesouro que ele tinha encontrado, ele arranjou para ele ser publicado em 1994, e tornou-se um bestseller.

De volta em 1863, os reis e imperadores ainda governaram impérios antigos, com os camponeses empobrecidos realizando trabalho árduo labutando nos campos. Os Estados Unidos foi consumido por uma guerra civil ruinosa que quase despedaçou o país, e a energia a vapor estava apenas começando a revolucionar a mundo. Mas em *Paris* Verne previu que em 1960 teriam arranha-céus de vidro, ar condicionado, TV, elevadores, trens de alta velocidade, automóveis movidos à gasolina, máquinas de fax,

e até mesmo algo que se assemelha a Internet. Com precisão fantástica, Verne retratou a vida na Paris moderna.

Este não foi um acaso, porque apenas alguns anos mais tarde, fez outra previsão espetacular. Em 1865, ele escreveu *Da Terra à Lua*, no qual ele predisse os detalhes da missão que enviou os astronautas à Lua mais de 100 anos depois, em 1969. Ele previu com precisão o tamanho do espaço da cápsula dentro de alguns porcentuais, a localização do local de lançamento na Flórida, não muito longe de Cabo Canaveral, o número de astronautas da missão, o comprimento do quanto de tempo à viagem duraria, a ausência de gravidade que os astronautas iriam experimentar, e a aterrisagem final no oceano. (O único grande erro foi que ele usou a pólvora, ao invés de combustível de foguete, para levar seus astronautas para a Lua. Mas os foguetes de combustível líquido não seriam inventados o que levaria outros setenta anos).

Como foi Jules Verne capaz de prever 100 anos no futuro com uma precisão de tirar o fôlego *como*? Seus biógrafos têm notado que, apesar de Verne não ser ele próprio cientista, ele constantemente procurava cientistas, salpicando-os com perguntas sobre suas visões do futuro. Ele acumulou um vasto arquivo resumindo as grandes descobertas científicas de seu tempo. Verne, mais do que outros, percebeu que a ciência era o motor que faria tremer as bases da civilização, impulsionando-o em um novo século com as maravilhas e milagres inesperados. A chave para a visão de Júlio Verne e profundos insights foi sua percepção da poder da ciência para revolucionar a sociedade.

Outro grande profeta da tecnologia foi Leonardo da Vinci, pensador, pintor e visionário. No final do ano 1400, ele desenhou bonitos e precisos diagramas das máquinas que um dia iriam encher o céu: esboços do para-quedas, helicópteros, a asa delta, e até mesmo aviões. Notavelmente, muitas das suas invenções teriam voado. (Suas máquinas voadoras, no entanto, precisava de um ingrediente a mais: pelo menos um cavalo motor, algo que não estaria disponível o que levaria outros 400 anos.)

O que é igualmente surpreendente é que Leonardo desenhou o projeto para uma máquina calculadora de adição, que esteve, talvez, 150 anos à frente do seu tempo.

Em 1967, um manuscrito deslocado, foi novamente analisado, revelando a sua ideia para uma máquina de somar com treze rodas digitais. Se alguém virasse uma manivela, as engrenagens por dentro transformavam-se na sequência para realizar os cálculos aritméticos. (A máquina foi construída em 1968 e funcionou.)

Além disso, na década de 1950 foi descoberto outro manuscrito que continha um esboço para um guerreiro autômato, usando uma armadura de alemã-italiana, que podia sentar-se e mover seus braços, pescoço e mandíbula. É, também, foi posteriormente construída para trabalhar. Assim como Julio Verne, Leonardo foi capaz de obter profundos insights sobre o futuro, consultando um punhado de indivíduos com visão de futuro de seu tempo. Ele fez parte de um pequeno círculo de pessoas que estavam na vanguarda da inovação. Além disso, Leonardo estava sempre

experimentando, construindo e desenhando modelos, um atributo essencial de quem quer traduzir o pensamento em realidade. Dada as enormes declarações proféticas de Verne e Leonardo da Vinci, fazemos a pergunta: É possível prever o mundo de 2100? Na tradição de Verne e Leonardo da Vinci, este livro vai examinar de perto o trabalho dos cientistas que estão construindo protótipos das tecnologias que vão mudar o nosso futuro. Este livro não é uma obra de ficção, um subproduto da mente delirante de um roteirista de Hollywood, mas é baseado na ciência sólida que está sendo realizada em grandes laboratórios ao redor do mundo hoje. Os protótipos de todas essas tecnologias já existem.

Como William Gibson, autor de Neuromancer, que cunhou a palavra ciberespaço, disse certa vez: "*O futuro já está aqui. É só desigualmente distribuída*."

Prevendo o mundo de 2100 é uma tarefa difícil, já que estamos numa era de revolução científica profunda, em que o ritmo da descoberta é sempre acelerado. Mais conhecimento científico tem sido acumulado apenas nas últimas décadas do que em toda a história humana. E em 2100, este conhecimento científico voltará a ter dobrado de tamanho várias vezes.

Mas talvez a melhor maneira de compreender a enormidade de 100 anos em predizer o futuro é para lembrar o mundo de 1900 e lembrar a nossa vida quando nossos avós viveram. O jornalista Mark Sullivan nos pede para imaginar alguém lendo um jornal no ano 1900: Em seus jornais de 01 de janeiro de 1900, o americano não encontrou nenhuma palavra, como o rádio, por que ainda estavam 20 anos antes da descoberta, e nem "filme", para que também era ainda principalmente do futuro, nem motorista, para que o automóvel era apenas emergente e que tinha sido chamado de "carruagem sem cavalos...". Não havia palavra aviador... Os agricultores não tinham ouvido falar de tratores, nem os banqueiros do Federal Reserve System. Os comerciantes não tinham ouvido falar de cadeias de lojas nem o "self-service", nem de motores marítimos de óleo queimando... Boiadas ainda podiam ser vistas nas estradas nacionais... Cavalos ou mulas em caminhões foram praticamente universais... O ferreiro debaixo da propagação do castanheiro era uma realidade.

Para compreender a dificuldade de prever os próximos 100 anos, temos de apreciar a dificuldade que as pessoas de 1900 tinham em predizer o mundo no ano 2000. Em 1893, como parte da Exposição Universal, em Chicago, setenta e quatro indivíduos conhecidos foram convidados a prever o que seria a vida nos próximos 100 anos. O único problema foi que subestimaram o ritmo do progresso da ciência. Por exemplo, muitos previram corretamente que um dia teria dirigíveis comerciais transatlânticos, mas eles pensaram que seriam balões. O senador John J. Ingalls disse: "Será comum para o cidadão ligar para o seu balão dirigível como é agora para o seu buggy ou de suas botas". Eles também consistentemente perderam a vinda do automóvel.

O General John Wanamaker afirmou que o correio dos EUA seria entregue em uma diligência e a cavalo, até 100 anos no futuro. Essa subestimação da ciência e da inovação até no escritório de patentes. Em 1899, Charles H. Duell, comissário do Escritório dos EUA de Patentes, disse: "Tudo que podia ser inventado já foi inventado." Por vezes, peritos em seu próprio campo tinham subestimado o que estava acontecendo bem debaixo de seus narizes. Em 1927, Harry M. Warner, um dos fundadores da Warner Brothers, comentou durante a era do cinema mudo, "Quem se interessaria em ouvir os atores falar?" e Thomas Watson, presidente da IBM, disse em 1943: "Acho que existe um mercado mundial para talvez, cinco computadores." Essa subestimação do poder da descoberta científica foi estendida até mesmo ao venerável New York Times. (Em 1903, o Times declarou que o voo das máquinas era um desperdício de tempo, apenas uma semana antes dos irmãos Wright voarem com sucesso no seu avião em Kitty Hawk, na Carolina do Norte). Em 1920, o Times criticou o cientista de foguetes Robert Goddard, declarando seu trabalho absurdo, pois os foguetes não poderiam se mover no vácuo. Quarenta e nove anos depois, quando a Apollo e 11 astronautas pousaram na Lua, o Times, a seu crédito, corrigiu o erro: "Agora está definitivamente estabelecido que um foguete possa funcionar no vácuo. A Times lamenta o erro.

A lição aqui é que é muito perigoso apostar contra o futuro. As previsões para o futuro, com algumas exceções, sempre subestimou o ritmo do progresso tecnológico. A história nos dizia mais e mais novamente, é escrita pelos otimistas, não pelos pessimistas. Como o presidente Dwight Eisenhower disse uma vez, *"O pessimismo nunca ganhou uma guerra"*. Nós podemos até mesmo ver como os escritores de ficção científica subestimaram o ritmo da descoberta científica. Ao assistir as reprises da antiga série de televisão *Star Trek* dos anos 1960, você percebe que grande parte desta "tecnologia do vigésimo terceiro século" já existe. Naquela época, as audiências de TV ficaram surpresas ao ver os telefones móveis, computadores portáteis, as máquinas que poderiam falar, e máquinas de escrever que se podiam ditar. No entanto, todas estas tecnologias existem hoje. Em breve, teremos também as versões do tradutor universal, que pode rapidamente traduzir entre línguas como você fala, e também "tricorders", que podem diagnosticar doenças à distância. (exceto motores warp drive e transportadores, muito dessa ciência do vigésimo terceiro século já existem.) dada a erros gritantes que as pessoas fizeram subestimando o futuro, como podemos começar a fornecer uma sólida base científica para as nossas previsões?

Compreendendo as leis da natureza

Hoje, já não estamos vivendo na idade das trevas da ciência, quando raios e pragas foram pensados ser obra dos deuses. Temos uma grande vantagem que Verne e

Leonardo da Vinci não tiveram: uma sólida compreensão das leis da natureza. Previsões serão sempre imperfeitas, mas uma maneira de torná-las tão autoritárias quanto possível é apreender as quatro forças fundamentais da natureza que a unidade universo inteiro. Cada vez que um deles era compreendido e descrito, elas mudavam a história humana. A primeira força a ser explicado era à força da gravidade. Isaac Newton nos deu uma mecânica que poderia explicar que os objetos se moviam por meio de forças, ao invés de espíritos místicos e metafísica. Isso ajudou a pavimentar o caminho para a Revolução Industrial e da introdução da máquina a vapor, especialmente a locomotiva. A segunda força a ser entendida foi à força eletromagnética, que iluminam as nossas cidades e nossos maravilhosos aparelhos. Quando Thomas Edison, Michael Faraday, James Clerk Maxwell, e outros ajudaram a explicar a eletricidade e o magnetismo, isso desencadeou a revolução eletrônica que criou uma abundância de maravilhas científicas. Vemos isso toda vez que há um apagão de energia, quando a sociedade é de repente lançada de volta á 100 anos no passado. A terceira e a quarta força que deveriam ser entendidas eram as duas forças nucleares: a força fraca e forte. Quando Einstein escreveu E = mc2 e quando o átomo foi dividido em 1930, os cientistas pela primeira vez, começaram a compreender as forças que iluminam os céus. Isto revelou o segredo por trás das estrelas. Não só isso, de liberar o poder incrível de armas atômicas, que também manteve a promessa que um dia seria capaz de aproveitar essa energia na Terra. Hoje, temos uma ideia bastante boa destas quatro forças. A primeira força, a gravidade, é agora descrita pela teoria de Einstein da relatividade geral. E as outras três forças são descritas através da teoria quântica, que nos permite decodificar os segredos do mundo subatômico.

A teoria quântica, por sua vez, deu-nos o transistor, o laser e a revolução digital que é a força motriz da sociedade moderna. Da mesma forma, os cientistas foram capazes de usar a teoria quântica para descobrir o segredo da molécula de DNA. A estonteante velocidade da revolução biotecnológica é um resultado direto da tecnologia do computador, pois o sequenciamento do DNA é feito por máquinas, robôs e computadores.

Como consequência, somos mais capazes de ver a direção que a ciência e tecnologia terão no próximo século. Haverá sempre surpresas totalmente inesperadas, da novela que nos deixam sem palavras, mas a fundação da física moderna, química e biologia têm sido amplamente estabelecidas, e nós não esperamos nenhuma grande revisão desse conhecimento básico, pelo menos no futuro previsível. Como resultado, as previsões que fizemos neste livro não são o produto de mera especulação alucinada, mas são estimativas fundamentadas de quando as tecnologias dos protótipos de hoje vão finalmente chegar à maturidade. Em conclusão, existem várias razões para acreditar que nós possamos ver os contornos do mundo de 2100: este livro é baseado em entrevistas com mais de 300 cientistas top, que são os pioneiros da descoberta.

Todo desenvolvimento científico, mencionado neste livro é consistente com as leis conhecidas da física.

As quatro forças e as leis fundamentais da natureza são amplamente conhecidas, não esperamos grandes mudanças na nova legislação. Os protótipos de todas as tecnologias mencionadas neste livro já existem. Este livro é escrito por um "insider", que tem um olhar em primeira mão das tecnologias que estão na vanguarda de investigação. Por incontáveis eras, éramos observadores passivos da dança da natureza. Nós só olhávamos com espanto e medo os cometas, raios, erupções vulcânicas, e pragas, assumindo que essas coisas eram ficavam além da nossa compreensão. Para os antigos, as forças da natureza eram um eterno mistério a ser temido e os adoraram, assim que criaram os deuses da mitologia para dar sentido ao mundo ao seu redor. Os antigos esperavam que, ao rezar a esses deuses, que eles tivessem misericórdia e conceder-lhes os seus mais queridos desejos. Hoje, nós nos tornamos coreógrafos da dança da natureza, capazes de ajustar as leis da natureza, aqui e ali. Mas em 2100, faremos a transição para sermos mestres da natureza.

Ano de 2100: nos tranformando em deuses da mitologia

Hoje, se pudéssemos de alguma forma visitar nossos antepassados e mostrar-lhes a graça de ciência e tecnologia modernas, seríamos vistos como magos. Com a magia da ciência, podemos mostrar-lhes os aviões a jato que pode subir nas nuvens, foguetes que podem explorar a Lua e os planetas, ressonância magnética, que pode espreitar para o interior do corpo vivo, e celulares que podem nos colocar em contato com qualquer pessoa no planeta. Se mostrássemos os computadores portáteis que podem enviar imagens em movimento e mensagens instantaneamente em todos os continentes, eles veriam isso como feitiçaria. Mas isto é apenas o começo. A ciência não é estática. A ciência está explodindo exponencialmente ao redor de nós. Se você contar o número de artigos científicos publicados, você vai achar que o volume de ciência dobra a cada década ou mais. Inovação e descoberta estão mudando a toda a economia, política, e a paisagem social, derrubando todas as velhas crenças e preconceitos acarinhados. Agora atrevo a imaginar o mundo no ano 2100. Em 2100, nosso destino é se tornar como os deuses que outrora adorávamos e temíamos. Mas nossas ferramentas não serão varinhas mágicas e poções, mas a ciência dos computadores, a nanotecnologia, inteligência artificial, biotecnologia e acima de tudo, a teoria quântica, que é à base das tecnologias anteriores. Em 2100, como os deuses da mitologia, seremos capazes de manipular objetos com o poder de nossas mentes. Computadores farão a leitura em silêncio de nossos pensamentos, serão capazes de realizar nossos desejos. Seremos capazes de mover objetos apenas com o pensamento,

um poder tele cinético normalmente reservado apenas para os deuses. Com o poder de biotecnologia, vamos criar corpos perfeitos e estender a nossa breve vida. Nós também seremos capazes de criar formas de vida que nunca andara na superfície da terra. Com o poder da nanotecnologia, seremos capazes de ter um objeto e transformá-lo em outra coisa, para criar algo aparentemente quase do nada. Nós não iremos andar em carros de fogo, mas em veículos elegantes que vão subir por si, com quase nenhum combustível, flutuando no ar sem esforço. Com os nossos motores, seremos capazes de aproveitar a energia ilimitada das estrelas. Também estaremos no limiar do envio de naves para explorar as estrelas próximas.

Embora este poder divino pareça inimaginavelmente avançado, as sementes de todas estas tecnologias estão a ser plantadas até mesmo enquanto falamos. É ciência moderna, sem encantamentos, que nos dará esse poder. Eu sou um físico quântico. Todo dia, eu lido com as equações que governam as partículas subatômicas das quais o universo é criado. O mundo que eu vivo é o universo do hiperespaço as onze dimensões, buracos negros, e gateways para o multiverso. Mas as equações da teoria quântica, utilizada para descrever estrelas explodindo e do big bang, também podem ser usadas para decifrar os contornos do nosso futuro. Mas onde está toda essa mudança tecnológica líder? Onde está o destino final desta longa viagem em ciência e tecnologia?

O ponto culminante de todos esses transtornos é a formação de uma civilização planetária, o que os físicos chamam de Tipo I civilização. Esta transição é talvez a grande transição na história, marcando um distanciamento muito grande em todas as civilizações do passado. Cada título que domina o noticiário reflete de certa forma, as dores de parto de uma civilização planetária. Comércio, cultura, lazer, linguagem, atividades de lazer, e até mesmo a guerra estão a ser revolucionadas pelo surgimento desta civilização planetária. Calculando a saída da energia do planeta, podemos estimar que fosse atingir o Tipo I deste status dentro de 100 anos. A menos que sucumbirmos às forças do caos e da loucura, a transição para uma civilização planetária é inevitável, o produto final da enorme, inexorável força da história e tecnologia para além de qualquer controle.

As previsões que ás vezes não são verdadeiras

Mas várias previsões feitas sobre a era da informação foram espetacularmente falsas. Por exemplo, os futuristas, muitos previram o "escritório sem papel", isto é, que o computador faria o papel ficar obsoleto. Na verdade, o oposto ocorreu. Uma olhada em qualquer escritório mostra que a quantidade de papel é realmente maior do que nunca. Alguns também previam a "cidade sem pessoas." Futuristas previam que

teleconferência via internet fariam reuniões de negócios face a face desnecessárias, por isso não haveria necessidade de comutar. Na verdade, as próprias cidades, em grande medida esvaziariam, tornando-se cidades-fantasma, como pessoas trabalharam nas suas casas ao invés de seus escritórios. Da mesma forma, veríamos o surgimento de "cybertourists," batatas de sofá que iriam passar o dia inteiro descansando em seus sofás, móveis do mundo e observando os pontos turísticos através da Internet em seus computadores. Gostaríamos de ver também "cybershoppers", que iriam deixar os ratos seu computador fazer uma caminhada. As compras nos shoppings iriam à falência. E "cyberstudents" tomariam todas as suas aulas on-line enquanto secretamente jogariam videogames e beberiam cerveja. As Universidades iriam fechar por falta de interesse. Ou considere o destino do "telefone com imagem." Durante a Feira Mundial de 1964, a AT & T gastou US $ 100 milhões aperfeiçoar uma tela de TV que iria ligar para o sistema de telefonia, de modo que você pode ver a pessoa com quem você estava falando, e vice-versa. A ideia nunca decolou, a AT &T vendeu apenas cerca de 100 deles, fazendo com que cada custo unitário de US$ 1 milhão cada. Este foi um fiasco muito caro. E, finalmente, se pensava que o fim da mídia tradicional e do entretenimento era iminente. Alguns futuristas alegaram que a Internet foi o rolo compressor que engoliria o teatro ao vivo, cinema, rádio e TV, que logo seriam vistos apenas em museus.

Na verdade, o inverso aconteceu. Os engarrafamentos são piores do que nunca, uma característica permanente da vida urbana. As pessoas migram para países estrangeiros ao registro de milhares, tornando o turismo um dos setores que mais cresce no planeta. Os clientes das lojas cheias, apesar das dificuldades econômicas. Em vez de "cyberclassrooms" proliferando, as universidades ainda estão registrando um número recorde de alunos. Para ter certeza, há mais pessoas decidem trabalhar a partir de sua casas ou teleconferência com seus colegas de trabalho, mas as cidades não esvaziaram. Em vez disso, eles se transformaram em megalópoles se alastrando. Hoje, é fácil para continuar as conversações de vídeo na Internet, mas a maioria das pessoas tende a ser relutantes ao serem filmadas, preferindo encontros cara-a-cara. E, claro, a Internet mudou o panorama da mídia inteira, como quebra-cabeças gigantes da mídia sobre a maneira de gerar receita na Internet. Mas nem de perto venceu a TV, rádio e teatro ao vivo. As luzes da Broadway brilham ainda tão intensamente quanto antes.

O princípio do homem das cavernas.

Por que estas previsões não se concretizem? Imagino que as pessoas amplamente rejeitaram esses avanços por causa do que eu chamo o homem das cavernas. Genética e evidências fósseis indicam que os humanos modernos, que olharam como um de nós emergiu da África á mais de 100 mil anos atrás, mas nós não

vemos nenhuma evidência de que nossos cérebros e personalidades mudariam muito desde então. Se alguém tomou a partir desse período, ele seria anatomicamente idêntico a nós: se você lhe der um banho e fizer a barba, colocá-lo em um terno de três peças e, em seguida colocar em Wall Street, ele seria fisicamente indistinguível de qualquer outra pessoa. Assim, nossos desejos, sonhos, personalidade, desejos e provavelmente não mudaram muito em 100.000 anos. Nós provavelmente ainda pensamos como nossos ancestrais das cavernas.

O ponto é: sempre que houver um conflito entre a tecnologia moderna e os desejos dos nossos ancestrais primitivos, esses desejos primitivos ganham cada vez mais. Esse é o princípio homem das cavernas. Por exemplo, o homem das cavernas sempre exigiu uma "prova de matar." Nunca foi o suficiente para se vangloriar do que tem uma grande distância. Tendo o animal fresco em nossas mãos sempre foi preferível a contar que escapou. Da mesma forma, queremos copiar sempre que lidamos com arquivos. Nós instintivamente não confiamos nos elétrons flutuando em nossa tela de computador, de modo que nós imprimimos os nossos e-mails e relatórios, mesmo quando não é necessário. Isso é, porque nunca o escritório vai ser um escritório sem papel. Da mesma forma, os nossos antepassados sempre gostaram de encontros face a face. Isso nos ajudou a ligação com os outros e para ler suas emoções escondidas. Por isso, a cidade "sem pessoas" nunca aconteceu. Por exemplo, um patrão pode querer cuidadosamente com um tamanho máximo de seus funcionários. É difícil fazer isso online, mas cara a cara um chefe pode ler a linguagem corporal para obter informações valiosas inconscientes. Ao observar as pessoas de perto, sentimos um vínculo comum e também podemos ler a sua linguagem corporal sutil para descobrir que tipos de pensamentos estão correndo dentro de suas cabeças. Isto porque os nossos ancestrais primatas, á milhares de anos atrás eles desenvolveram fala, linguagem corporal utilizada quase exclusivamente para transmitir seus pensamentos e emoções.

Este é o "cybertourism" da razão que nunca chegou a decolar. Uma coisa é ver uma foto do Taj Mahal, mas outra coisa é ter o direito de se gabar de realmente vê-lo em pessoa. Da mesma forma, ouvindo um CD do seu músico favorito não é o mesmo que sentir o súbito quando realmente vendo este mesmo músico em um show ao vivo, rodeado por toda a fanfarra, comoção e barulho. Isso significa que mesmo que será capaz de baixar imagens realistas do nosso drama favorito ou celebridade, não há nada como realmente ver o drama no palco ou ver o ator o realizar em pessoa. Fãs não medem esforços para obter fotos autografadas e bilhetes de concertos da sua celebridade favorita, embora possam baixar uma imagem da Internet de forma gratuita.

Isso explica por que nunca a previsão de que a Internet iria acabar com TV e rádio veio a acontecer. Quando o cinema e rádio começaram pela primeira vez, o povo lamentou a morte do teatro ao vivo. Quando a TV chegou, as pessoas previram o fim dos filmes e rádio. Nós estamos vivendo agora, com uma mistura de todas essas mídias. A lição é que um meio nunca anula um anterior, mas coexiste com ele. É a mistura e a

relação entre estes meios de comunicação que mudam constantemente. Quem pode prever com precisão a mistura destes meios no futuro poderia se tornar muito rico. A razão para isso é que nossos antepassados sempre quiseram ver algo por si mesmos e não confiar no que se dizia a eles. Foi fundamental para nossa sobrevivência na floresta para confiar na evidência física real em vez de rumores. Mesmo um século a partir de agora, nós ainda teremos teatro vivo e perseguição á celebridades, uma antiga herança de nosso passado distante.

Além disso, são descendentes dos predadores que caçavam. Por isso, nós gostamos de assistir os outros e até mesmo sentar durante horas em frente a uma TV, assistindo ás infinitamente travessuras de nossos companheiros humanos, mas instantaneamente fico nervoso quando nos sentimos que estão nos vendo. Na verdade, os cientistas calcularam que ficamos nervosos quando ficamos olhando um desconhecido por cerca de quatro segundos. Após cerca de dez segundos, nós começamos até mesmo a ficar irados e hostis sendo olhados. Esta é a razão pela qual o telefone com imagem original era esquisito. Além disso, quem quer ter de pentear o cabelo antes de ir on-line? (Hoje, após décadas de lenta, dolorosa melhoria, a videoconferência está aí, finalmente). E hoje, é possível fazer cursos online. Mas as universidades estão cheias de alunos. O encontro de um-para-um com os professores, que podem dar atenção individual e responder a perguntas pessoais, ainda é preferível a cursos on-line. E um diploma universitário ainda tem mais peso do que uma linha de diploma quando se candidatam a um emprego. Portanto, há uma concorrência permanente entre High-Tech, e High-Touch e, isto é, sentado numa cadeira assistindo TV versus alcançar e tocar as coisas em torno de nós. Nesta competição, nós queremos ambos. É por isso que ainda temos teatro ao vivo, shows de rock, papel e turismo na era do ciberespaço e da realidade virtual. Mas se são oferecidos gratuitamente uma imagem do nosso músico ou celebridade favorita ou bilhetes reais para o seu concerto, vamos pegar as passagens.

Então esse é o Princípio do Cave Man: nós preferimos ter os dois, mas se for dada uma escolha que vamos escolher o High-Touch, como nossos ancestrais homens das cavernas. Mas há também um corolário desse princípio. Quando os cientistas criaram a Internet na década de 1960, acreditava-se que ele iria evoluir para um fórum de educação, ciência e progresso. Em vez disso, muitos ficaram horrorizados que logo degenerou em nenhum prender barrada Wild West, que é hoje. Na verdade, isso era de se esperar. O corolário do Princípio do Cave Man é que se você quer prever as interações sociais dos seres humanos no futuro, simplesmente imaginarem nossas interações sociais á 100.000 anos atrás, e multiplica por um bilhão. Isso significa que haverá um prémio colocado em fofocas, rede social, e de entretenimento.

Os rumores foram essenciais para uma tribo para comunicar rapidamente as informações, especialmente sobre os líderes e modelos. Aqueles que ficaram de fora do circuito muitas vezes não sobrevivem para transmitir seus genes. Hoje, podemos ver

essa jogada externamente próxima aos carrinhos de supermercado no checkout, em que celebridades aparecem nas revistas de fofocas, e no surgimento de uma cultura da celebridade drive-in. A única diferença hoje é que a magnitude dessa fofoca tribal foi multiplicada enormemente pela mídia de massa e agora pode o círculo da terra muitas vezes mais em uma fração de segundo.

A proliferação súbita de sites de redes sociais, que transformaram empresários jovens e com cara de bebê em bilionários quase da noite para o dia, pegou muita gente e os analistas de surpresa, mas é também um exemplo deste princípio. Em nossa história evolutiva, aqueles que mantiveram as grandes redes sociais poderiam dependem deles para recursos, conselhos e ajuda que foram vitais para a sobrevivência.

E entretenimento, a última vai continuar a crescer de forma explosiva. Nós às vezes não gostamos de admitir, mas uma parte dominante da nossa cultura é baseada em entretenimento. Depois da caçada, nossos ancestrais relaxavam e divertiam-se. Isso foi importante não só para a ligação, mas também para o estabelecimento de uma posição dentro da tribo. Não é por acaso que a dança e o canto, que são partes essenciais do entretenimento, são também vitais no reino animal demonstrar aptidão para o sexo oposto. Quando os pássaros machos cantam belas melodias complexas ou realizar rituais de acasalamento bizarro, é principalmente para mostrar ao sexo oposto que eles são saudáveis, que estão fisicamente em forma, livre de parasitas e têm genes dignos o suficiente para serem transmitidos. E a criação da arte não era só por diversão, mas também desempenharam um papel importante na evolução do nosso cérebro, que controla a maioria das informações simbolicamente. Então, se não geneticamente mudar a nossa personalidade de base, podemos esperar que as redes do poder de entretenimento, fofocas nos tabloides sociais aumentariam e não diminuiriam, no futuro.

A ciência como uma espada

Uma vez eu vi um filme que mudou para sempre a minha atitude para com o futuro. Era chamada de Planeta Proibido, com base na peça de Shakespeare "A Tempestade". Os astronautas do filme encontraram uma antiga civilização que, na sua glória, estavam á milhões de anos à nossa frente. Eles tinham atingido o objetivo final de suas tecnologia: o poder infinito, sem a instrumentalidade, ou seja, o poder de fazer quase tudo através de suas mentes. Pela força de seus pensamentos faziam colossais usinas termonucleares e hidrelétricas, enterrados profundamente dentro de seu planeta, que converteu todos os seus desejos em realidade. Em outras palavras, eles tinham o poder dos deuses. Teremos um poder semelhante, mas não teremos que esperar milhares de anos. Teremos de esperar apenas um século, e podemos ver as sementes do

futuro mesmo na tecnologia atual. Mas o filme foi também um conto moral, uma vez que este poder divino acabou superando essa civilização.

É claro que a ciência é uma faca de dois gumes: ela cria tantos problemas como os resolve, mas sempre em um nível superior. Há duas tendências concorrentes no o mundo de hoje: uma é criar uma civilização planetária que é tolerante, científica e próspera, mas a anarquia e a ignorância glorificam a outros que poderiam rasgar o tecido de nossa sociedade. Nós ainda temos a mesma visão sectária, fundamentalista, paixões irracionais de nossos antepassados, mas a diferença é que agora temos armas nucleares, químicas e biológicas.

No futuro, faremos a transição de sermos observadores passivos da dança da natureza, sendo os coreógrafos da natureza, para sermos mestres da natureza e, finalmente, a sermos conservadores da natureza. Então vamos torcer para que possamos empunhar a espada da ciência com a sabedoria e equidade, domar a barbárie do nosso passado antigo.

Vamos agora iniciar uma viagem hipotética pelos próximos 100 anos de inovação e às descobertas científicas, como foi dito a mim pelos cientistas que estão fazendo isso tudo acontecer. Vai ser um passeio selvagem através do rápido avanço dos computadores, telecomunicações, biotecnologia, inteligência artificial, e nanotecnologia. Estes, sem dúvida irão mudar nada menos do que o futuro da civilização.

"*Cada um limita na sua própria visão, os limites do mundo*" - Schopenhauer.

Nenhum pessimista descobriria os segredos das estrelas ou iria navegar até uma terra desconhecida, ou iria conceber um novo conceito ao espírito humano. - Helen Keller

Capítulo 1

O futuro do computador: A Mente excede a Matéria

Lembro-me vividamente de estar no escritório de Mark Weiser, em Silicon Valley á quase 20 anos atrás, como ele me explicou a sua visão do futuro. Gesticulando com suas mãos, ele me disse com entusiasmo uma nova revolução estava prestes a acontecer que mudaria o mundo. Weiser fazia parte da elite do computador, trabalhando na Xerox PARC (Palo Alto Research Center, que foi a empresa pioneira do computador pessoal, da impressora a laser, e da arquitetura do Windows, com a interface gráfica do Usuário, mas ele era um rebelde, um iconoclasta que estava quebrando a sabedoria convencional, e também membro de uma banda de rock.

Naquela época (parece que foi mesmo á muito tempo atrás), computadores pessoais eram novos, apenas começando a penetrar a vida das pessoas, à medida que lentamente aquecia a ideia de compra de grandes computadores volumosos para fazer análise de planilhas e um pouco de processamento de texto. A Internet ainda era em grande parte, isolada da província de cientistas como eu, em marcha para fora equações para colegas cientistas em uma linguagem arcana. Havia furiosos debates sobre se essa caixa de audiência em sua mesa iria desumanizar civilização, com seu olhar frio e implacável. Mesmo o analista político William F. Buckley tinha de defender o processador de texto contra os intelectuais que se uniram contra ele e se recusavam a tocar em um computador, chamando-o um instrumento dos filisteus. Foi nesta época da controvérsia que Weiser cunhou a expressão "computação onipresente." Vendo muito além do computador pessoal, ele previu que os chips de um dia se tornariam tão baratos e abundantes que seriam espalhados por todo o ambiente em nossas roupas, nossos móveis, as paredes, e até mesmo nossos corpos. E todos eles seriam ligados à Internet, compartilhamento de dados, tornando nossa vida mais agradável, monitorando todos os nossos desejos. Em toda parte nós nos moveríamos, e os chips estariam lá silenciosamente realizando nossos desejos. O ambiente estaria vivo. Por sua vez, o sonho de Weiser era estranho, absurdo mesmo. A maioria dos computadores pessoais ainda eram caros e não estavam mesmo conectados à Internet. A ideia de que bilhões de minúsculos chips que um dia seria tão baratos como a água corrente era considerado loucura. E então eu lhe perguntei por que ele sentia tanta certeza sobre essa revolução. Ele calmamente respondeu que o poder computacional foi crescendo exponencialmente, sem fim à vista. Faça as contas, ele deixou implícito. Era só uma questão de tempo, (infelizmente, Weiser não viveu o suficiente para ver sua revolução se tornar realidade, ele morreu de câncer em 1999.) A fonte motriz por trás sonhos proféticos de Weiser é

uma coisa chamada hoje de lei de Moore, uma regra de ouro que tem impulsionado o setor de informática para cinquenta ou mais anos, marcando o ritmo para a civilização moderna como um relógio. A lei de Moore diz simplesmente que o poder de computador dobra a cada dezoito meses.

Quem primeiro declarou isso em 1965 foi Gordon Moore, um dos fundadores da Intel Corporation, esta lei simples ajudou a revolucionar a economia mundial, gerando novas fontes de riquezas fabulosas, e mudando irreversivelmente o nosso modo de vida. Quando você passeia "mergulhando" nos chips de computador e os seus rápidos avanços na velocidade, do poder do processamento e memória, você encontrará uma linha reta indo notavelmente de volta á mais de cinquenta anos. (Esta é como uma curva logarítmica. Na verdade, se você alargar o gráfico, para que ele inclui a tecnologia de tubos de vácuo e até mesmo mecânicos manivela acrescentando máquinas, a linha pode ser prorrogada pra mais de 100 anos no passado.) O crescimento exponencial é muitas vezes difícil de entender, uma vez que nossas mentes pensam de forma linear. É tão gradual que às vezes você não pode experimentar a mudança em tudo. Mas ao longo de décadas, pode alterar completamente a tudo que nos cerca.

De acordo com a lei de Moore, em cada Natal os novos jogos de computador são quase duas vezes mais poderosos (em termos de número de transistores) que os em relação ao ano anterior. Além disso, como o passar dos anos, esse ganho incremental torna-se monumental. Por exemplo, quando você recebe um cartão de aniversário enviado por correio, que muitas vezes tem um chip que canta "Feliz Aniversário" para você. Notavelmente, esse chip tem mais poder computacional do que todas as forças aliadas de 1945. Juntando Hitler, Churchill, Roosevelt ou qualquer outro eles poderiam ter matado para obter esse chip. Mas o que fazemos com ele? Depois do aniversário, lançamos o cartão e chip longe. Hoje, seu telefone celular tem mais poder computacional do que todos pcs da NASA em 1969, quando colocaram dois astronautas na lua. Jogos de vídeo, que consomem enormes montantes de energia do computador para simular situações em 3D, o uso mais poder computacional do que os computadores mainframe da década anterior. O Playstation 3 da Sony hoje, que custa 300 dólares, tem o poder de um supercomputador militar de 1997, que custou milhões de dólares.

Nós podemos ver a diferença entre o crescimento linear e exponencial de alimentação do computador quando analisamos como as pessoas viam o futuro do computador em 1949, quando a Popular Mechanics previa que os computadores iam crescer linearmente para o futuro, talvez só fosse dobrar ou triplicar com o tempo. Ela escreveu: "Sempre que uma calculadora como o ENIAC é equipado com 18 mil tubos de vácuo e pesam 30 toneladas, os computadores no futuro poderão ter apenas mil tubos de vácuo e pesar apenas 1 ½ toneladas." (A Mãe Natureza agradece o poder exponencial. Um único vírus pode sequestrar uma célula humana e forçá-lo a criar centenas de cópias de si mesmo.

Crescer por um fator de 100 em cada geração, um vírus pode gerar 10 mil milhões de vírus em apenas cinco gerações. Não admira que um único vírus que pode infectar o corpo humano, com trilhões de células saudáveis, e dar-lhe um resfriado em apenas uma semana ou coisa assim.) Não só a quantidade de energia do computador aumentou, mas a forma que esse poder é entregue, também mudou radicalmente, com enormes implicações para a economia. Podemos ver essa evolução, década por década:

1950 - Os computadores do tubo de vácuo foram engenhocas gigantescas preenchendo salas inteiras, com florestas de fios, bobinas e aço. Apenas os militares eram ricos o suficiente para financiar essas monstruosidades.

1960 - O transistor foi substituindo o tubo de vácuo dos computadores, e os computadores mainframe gradualmente entraram no mercado comercial.

1970 - As placas de circuito integrado, contendo centenas de transistores, criariam o minicomputador, que era do tamanho de uma mesa grande.

1980 - Chips, contendo dezenas de milhões de transistores, possibilitaram computadores pessoais que cabem dentro de uma maleta.

1990 - A Internet conectou centenas de milhões de computadores em uma única rede de computadores, a nível mundial.

2000 - A computação ubíqua libertou o chip do computador, de modo que os chips foram inseridos no meio ambiente.

Então o velho paradigma (um único chip dentro de um computador desktop ou laptop conectado a um computador) está sendo substituído por um novo paradigma (milhares de chips espalhados dentro de cada artefato, como móveis, eletrodomésticos, quadros, paredes, carros e roupas, todos conversando entre si e conectados à Internet).

Quando esses chips são inseridos em um aparelho, são milagrosamente transformados. Quando os chips foram inseridos em máquinas de escrever, que eles tornaram-se processadores de texto. Quando inserido em telefones, eles se tornaram os telefones celulares. Quando inserido em câmeras, elas se tornaram máquinas fotográficas digitais. As máquinas de Pinball se tornaram em jogos de vídeo. Fonógrafos transformaram-se em iPods. Aviões se tornaram Caças. Cada vez, uma indústria foi revolucionando e renascendo. Finalmente, quase tudo ao nosso redor se tornará inteligente. Chips serão tão baratos que eles vão mesmo custar menos do que o invólucro de plástico e substituir o código de barras. Empresas que não fazem os seus produtos inteligentes podem encontrar-se afastados dos negócios de seus concorrentes que fazem.

Claro, que ainda será cercada por monitores de computador, mas eles se assemelham papel de parede, porta-retratos ou fotografias de família, ao invés de computadores. Imagine todas as imagens e fotografias que decoram as nossas casas hoje, agora imagine cada um sendo animado, estando em movimento e conectado a Internet. Quando andamos no lado de fora, vamos ver passar as fotos, pois as imagens em movimento vão custar tão pouco quanto as estáticas. O destino dos computadores,

como as tecnologias da massa de outras como o papel, eletricidade e água corrente é de se tornar invisível, ou seja, para desaparecer no tecido de nossas vidas, estar em toda parte e em lugar nenhum, silenciosa e perfeitamente realizando nossos desejos. Hoje, quando entramos em um quarto, nós automaticamente procuramos o interruptor da luz, desde que assumimos que as paredes são eletrificadas. No futuro, a primeira coisa que vamos fazer ao entrar em uma sala será olhar para o portal de internet, porque vamos assumir que o quarto é inteligente. Como escritor Max Frisch disse certa vez: "*A tecnologia [é] o jeito de organizar o mundo de modo que não temos a experiência dela."* A Lei de Moore também nos permite prever a evolução do computador em um futuro próximo. Na próxima década, os chips serão combinados com sensores supersensíveis, de modo que eles possam detectar doenças, acidentes e emergências e nos alertar antes que eles saiam do controle. Eles irão, de certa forma, reconhecer a voz e a face humana e conversar numa linguagem formal. Eles serão capazes de criar mundos virtuais inteiras que hoje só podemos sonhar.

Cerca de 2020, o preço de um chip também pode cair para cerca de um centavo, que é o custo do papel de sucata. Então, teremos milhões de chips distribuídos em toda parte em nosso meio, silenciosamente realizando nossas ordens. Finalmente, a palavra *computador* em si vai desaparecer do idioma Inglês. Para discutir o andamento futuro da ciência e da tecnologia, eu dividi cada capítulo em três períodos: o futuro próximo (hoje 2030), a metade do século (2030-2070) e, finalmente, o futuro distante, de 2070-2100. Estes períodos de tempo são apenas aproximações, mas eles mostram as molduras do tempo para as diversas tendências descritas neste livro.

O rápido aumento do poder computacional até o ano 2100 nos dará poder como o dos deuses da mitologia que uma vez adorados, nos permite controlar o mundo que nos rodeia através do puro processo do pensamento. Como os deuses da mitologia, que podiam mover objetos e remodelar a vida com um simples movimento da mão ou do assentimento da cabeça, nós também seremos capazes de controlar o mundo à nossa volta com o poder de nossas mentes. Estaremos em contato mental constante com chips espalhados em nosso ambiente que irão silenciosamente executar os nossos comandos.

Óculos de internet e lentes de contato

Hoje, podemos nos comunicar com a Internet através dos nossos computadores e telefones celulares. Mas, no futuro, a Internet vai estar em toda parte, nas telas da parede, nos móveis, em outdoors, e até mesmo em nossos óculos e lentes de contato. Quando piscarmos, estaremos online. Existem várias maneiras que poderemos colocar a Internet em uma lente. A imagem pode ser flasheada de nossos óculos diretamente através da lente dos nossos olhos e para o nossas retinas. A imagem também poderia

ser projetada para a lente, que agiria como uma tela. Ou poderia ser fixada à armação dos óculos, como uma pequena lente de joalheiro. Nós usaríamos os óculos, assim como vemos a internet, como se estivéssemos olhando para uma tela de cinema. Podemos, então, manipulá-lo com um dispositivo portátil que controla o computador através de uma conexão sem fio. Nós também poderíamos simplesmente passar os dedos no ar para controlar a imagem, pois o computador reconhece a posição dos dedos e como eles se moverão. Por exemplo, desde 1991, cientistas da Universidade de Washington tem trabalhado para aperfeiçoar a visualização virtual da retina (VRD) em que o vermelho, verde e azul da luz laser, brilhe diretamente sobre a retina. Com um campo de 120 graus de vista e uma resolução de 1600 × 1200 pixels, o visor VRD pode produzir uma imagem brilhante, e realista que é comparável à observada em um teatro de imagens em movimento. A imagem pode ser gerada usando um capacete, lentes, ou óculos. Na década de 90, tive a oportunidade de experimentar esses óculos Internet. Foi uma primeira versão criada por cientistas no Laboratório de Mídia do MIT. Parecia como um par de óculos comuns, exceto que havia uma lente cilíndrica cerca de ½ polegada de comprimento, ligada ao canto direito da lente. Eu podia olhar através do óculos sem qualquer problema. Mas se eu batesse os óculos, então a pequena lente caia na frente dos meus olhos. Perscrutando a lente, eu poderia claramente distinguir a tela inteira do computador, aparentemente, só um pouco menor do que uma tela de PC padrão. Fiquei surpreso como era nítido, quase como se a tela estivesse me encarando na frente do meu rosto. Então eu segurei um dispositivo do tamanho de um telefone celular, com botões. Pressionando os botões, eu poderia controlar o cursor na tela e o mesmo tipo de instruções. Em 2010, o canal Ciência Especial me recebeu, e eu viajei até Fort Benning, na Geórgia, conferir as últimas tecnologias do Exército dos EUA com a Internet *"para o campo de batalha*", chamado de Land Warrior. Eu coloquei um capacete especial com uma tela diminuta anexada no seu canto. Quando eu virei à tela sobre meus olhos, de repente eu podia ver uma imagem surpreendente: o jogo inteiro com X marcando a localização das tropas amigas e inimigas. Notavelmente, a "névoa da guerra", foi levantada, com sensores GPS com precisão a localização da posição de todas as tropas, tanques e edifícios. Ao clicar em um botão, a imagem seria mudada rapidamente, pondo a Internet à minha disposição no campo de batalha, com informações sobre o tempo, disposição das forças amigas e inimigas e estratégia e táticas. Uma versão muito mais avançada do que a Internet, passava diretamente por nossas lentes de contato através da inserção de um chip e do visor LCD no plástico.
Babak A. Parviz e seu grupo da Universidade de Washington em Seattle estão preparando o terreno para a lente de contato Internet, projetando protótipos que poderão vir a alterar a nossa forma de acessar a Internet. Ele prevê que uma aplicação imediata dessa tecnologia poderia ser a de ajudar os diabéticos, regulando seus níveis de glicose. A lente estará exibindo uma leitura imediata das condições dentro de seu corpo. Mas este é apenas o começo. Eventualmente, Parviz vislumbra o dia em que será

capaz de fazer download de qualquer filme, música, site ou peça de informação da Internet em nossa lente de contato. Teremos um sistema completo de entretenimento em casa na nossa lente como que se recostar e desfrutar de filmes de longa-metragem. Nós também poderemos usá-lo para se conectar diretamente ao nosso computador do escritório através de nossa lente, então manipular os arquivos flash. Do conforto da praia, seremos capazes de fazer a teleconferência num piscar de olhos. Ao inserir algum software de reconhecimento de padrões para esses óculos Internet, eles também reconheceriam objetos e até mesmo rostos de algumas pessoas. Já existem alguns programas de software pré-programado que podem reconhecer rostos com mais de 90 por cento de precisão. Não é só o nome, mas a biografia da pessoa com quem você está falando pode aparecer antes mesmo de você falar. Em uma reunião isso irá acabar com o constrangimento de esbarrar em alguém que você conhece, cujo nome você não se lembre. Isso também pode desempenhar uma função importante em uma festa, onde há muitos estrangeiros, alguns dos quais são muito importantes, mas você não sabe quem eles são. No futuro, você será capaz de identificar estranhos e conhecer as suas origens, mesmo que você fale com eles. (Isso é um pouco como o mundo visto através dos olhos robóticos em *O Exterminador do Futuro*). Isso pode alterar o sistema educacional.

No futuro, os estudantes de um exame final seriam capazes de digitalizar silenciosamente na Internet através de sua lente de contato e encontrar respostas para as perguntas, o que causaria um problema óbvio para os professores que muitas vezes dependem de memorização. Isto significa que os educadores terão que pensar o stress e capacidade de raciocínio em vez disso. Seus óculos também poderiam ter uma câmera de vídeo minúscula na armação, o filme assim que pode ver o seu entorno e, em seguida, transmitir as imagens diretamente da Internet. Pessoas ao redor do mundo podem ser capazes de compartilhar suas experiências quando elas acontecerem. Tudo o que você está assistindo, milhares de pessoas serão capazes de ver também. Os pais saberão o que seus filhos estão fazendo. Amantes podem compartilhar experiências quando separados. As pessoas em shows serão capazes de comunicar sua excitação de fã ao redor do mundo. Os inspetores vão visitar fábricas distantes e, em seguida, o feixe de imagens ao vivo diretamente para a lente de contato do patrão. (Ou um cônjuge pode fazer as compras, enquanto o outro faz comentários sobre o que comprar.) Já, Parviz tem sido capaz de miniaturizar um chip de computador para que ele possa ser colocado dentro do filme de polímero de uma lente de contato. Ele obteve sucesso colocado um light-emitting diode* (diodo emissor de luz) em uma lente de contato, e agora está trabalhando em um com uma matriz de LEDs 8 × 8. Sua lente de contato pode ser controlada por uma conexão sem fio. Ele afirma: *"Os componentes eventualmente podem incluir centenas de LEDs, que irão formar as imagens na frente do olho, tais como palavras, gráficos e fotografias. A maior parte do hardware é semitransparente, para que usuários possam navegar em seus arredores, sem colidir com eles ou ficarem desorientados."* Seu objetivo final, que ainda está a anos de

distância, é criar uma lente de contato com 3.600 pixels, cada uma com não mais do que 10 micrômetros de espessura.

Uma vantagem das lentes de contato Internet é que elas gastariam tão pouca energia, apenas alguns milionésimos de um watt, então elas seriam muito eficientes em seus requisitos de energia e não iriam drenar a bateria. Outra vantagem é que o olho e o nervo óptico são, em certo sentido, uma extensão direta do cérebro humano, de modo estamos ganhando acesso direto ao cérebro humano sem ter de implantar eletrodos. O olho e o nervo óptico transmitem informações a uma taxa superior a uma conexão de Internet de alta velocidade. Então, uma lente de contato Internet irá oferecer talvez o acesso mais rápido e eficiente para o cérebro.

Brilhando uma imagem no olho através da lente de contato é um pouco mais complexo do que para os óculos de Internet. Um LED pode produzir um ponto, ou pixel, de luz, mas você tem que adicionar uma microlente de modo que incida diretamente sobre a retina. A imagem final que parece até flutuar a cerca de dois metros de distância de você.

O design avançado, que Parviz está considerando é a utilização micro lasers para enviar uma imagem diretamente na retina. Com a mesma tecnologia usada na indústria de chips para esculpir pequenos transistores, pode-se também gravar minúsculos lasers do mesmo tamanho, tornando-o menor laser do mundo. Laser que tem cerca de 100 átomos de largura, em princípio, é possível de utilizar nesta tecnologia. Como os transistores, você pode conseguir colocar milhões de lasers em um chip do tamanho de uma unha.

Carros sem condutor

Num futuro próximo, você também será capaz de navegar com segurança na Web através de suas lentes de contato enquanto estiver dirigindo um carro. Ir para o trabalho não será uma agonia, porque os carros irão dirigir sozinhos. Já, os carros sem motorista, usando o GPS para localizar sua posição dentro de alguns metros, podem conduzir ao longo de centenas de quilômetros.

A Agência de Defesa do Pentágono Advanced Research Projects (DARPA) patrocinou um concurso, chamado DARPA Grand Challenge, em que laboratórios foram convidados a apresentar os carros sem motorista para uma corrida através do deserto do Mojave para reivindicar um prêmio de US $ 1 milhão. O DARPA ia prosseguir a sua longa tradição de financiamento das tecnologias de risco, mas visionárias. (Alguns exemplos de projetos do Pentágono incluem a Internet, que foi originalmente projetada para conectar cientistas e funcionários durante e após uma explosão nuclear de guerra, e o sistema de GPS, que foi originalmente concebido para guiar mísseis ICBM. Mas tanto a Internet quanto o GPS foram desclassificados para ir para o grande público após

o fim da Guerra Fria). Em 2004, o concurso teve um começo constrangedor, quando não um único carro sem motorista foi capaz de viajar os 150 quilômetros de terreno acidentado e atravessar a linha de chegada. Os carros robóticos ou quebravam ou se perdiam. Mas no ano seguinte, cinco carros completaram um curso ainda mais exigente. Eles tiveram de ir para as estradas que incluíam 100 curvas fechadas, três túneis estreitos e caminhos com curvas acentuadas de cada lado. Alguns críticos disseram que carros robóticos poderiam ser capazes de viajar no deserto, mas nunca no trânsito do centro. Assim, em 2007, a DARPA patrocinou mais um equilibrado e ambicioso projeto, o Urban Challenge, em que carros robóticos tiveram que completar um cansativo percurso de 60 quilômetros pelo território cenográfico urbano em menos de seis horas. Os carros tinham que obedecer todas as leis de trânsito, evitar outros carros robô ao longo do curso, e negociar cruzamentos de quatro vias. Seis equipes de sucesso completaram o Desafio Urbano, com os três primeiros conquistando o primeiro lugar U$ 2 milhões, U$ 1 milhão e U$500.000 dólares de prêmios.

O objetivo do Pentágono é fazer com que um terço das forças terrestres dos EUA seja autônomas em 2015. Isto poderia se revelar como uma tecnologia que salva vidas, pois recentemente, a maioria das vítimas dos EUA sofreram atentados com bombas. No futuro, muitos veículos militares dos EUA não teriam mais os motoristas. Mas para o consumidor, podem significar carros que dirijam sozinhos com o toque de um botão, permitindo que o motorista trabalhe relaxe, ou admire a paisagem, ver um filme ou digitar estando na Internet. Tive a oportunidade de conduzir um destes carros para um especial de TV para o canal Discovery. Era um carro esportivo e elegante, modificado pelos engenheiros da North Carolina State University para que ele se tornasse totalmente autônomo. Seus computadores tinham o poder de oito computadores. Ao entrar no carro para mim foi um pouco problemático, já que o interior estava cheio. Em todo lugar por dentro, eu podia ver sofisticados componentes eletrônicos empilhados sobre os bancos e painel. Quando eu peguei o volante, notei que tinha um cabo especial de borracha ligado a um pequeno motor. Um computador, por meio do controle do motor, então poderia dirigir o volante. Depois que eu virei à chave, pisei no acelerador e dirigi o carro na estrada, me ligou um interruptor que permitiu que o computador assumisse o controle. E tomou às rédeas do volante, e o carro se auto conduzia. Eu tinha plena confiança no carro, cujo computador ficou constantemente fazendo pequenos ajustes através do cabo de borracha no volante. No início, era um pouco assustador perceber que o volante e o acelerador estavam se movendo por si mesmos. Parecia que tinha um condutor, invisível um fantasma que tinha tomado o controle, mas depois de um tempo me acostumei com isso. De fato, mais tarde se tornou- uma alegria para ser capaz de relaxar em um carro que dirigia com exatidão e habilidade sobre-humana. Eu poderia sentar e desfrutar do passeio.

O coração do carro sem motorista era o sistema GPS, o que permitiu o computador para localizar a posição dentro de alguns metros. (Às vezes, os engenheiros

me diziam que o sistema GPS pode determinar a posição do carro a poucos centímetros.) O sistema de GPS em si é uma maravilha da tecnologia moderna. Cada um dos trinta e dois satélites GPS que orbitam a Terra emite uma onda de rádio específica, que é captada pelo receptor de GPS no meu carro. O sinal de cada satélite é levemente distorcido, porque eles estão viajando em órbitas ligeiramente diferentes. Essa distorção é chamada efeito Doppler. (Ondas de rádio, por exemplo, são comprimidas se o satélite estiver se movendo em direção a você, e são esticadas se afastando de você.) Ao analisar a ligeira distorção de frequências a partir de três ou quatro satélites, o computador do carro foi possível determinar com precisão a minha posição. O carro também tinha radar em seu para-choque para que ele pudesse perceber os obstáculos. Isso será crucial no futuro, pois cada carro tomará automaticamente medidas de emergência assim que ele detectar um acidente iminente. Hoje, quase 40 mil pessoas nos Estados Unidos morrem em acidentes de carro todo ano. No futuro, a palavra acidente de carro poderá desaparecer gradualmente do idioma Inglês. Os engarrafamentos também podem ser uma coisa do passado. Um computador central será capaz de controlar todos os movimentos de cada carro na estrada, comunicando uns com os carros sem motorista. Então será fácil detectar engarrafamentos e congestionamentos nas rodovias. Em um experimento, conduzido ao norte de San Diego na 15ª Interestadual, chips foram colocados na estrada para que um computador central assumisse o controle dos carros na estrada. No caso de um engarrafamento, o computador irá substituir o condutor e permitir que o tráfego possa fluir livremente. O carro do futuro também será capaz de perceber outros perigos. Milhares de pessoas foram mortas ou feridas em acidentes de carro quando o motorista caiu no sono, principalmente à noite ou em tempo, em viagens monótonas. Os computadores de hoje podem se concentrar em seus olhos e reconhecer os sinais reveladores da sua voz sonolenta. O computador é programado para fazer um som e acordá-lo. Se isso falhar, o computador vai assumir o carro. Os computadores também podem reconhecer a presença de quantidades excessivas de álcool no carro, o que pode reduzir os milhares de mortes relacionadas ao álcool que acontecem todos os anos. A transição para veículos inteligentes não acontecerá imediatamente. Primeiro, os militares vão implantar esses veículos e no processo de trabalho terão de lidar com todos os erros. Em seguida, carros robóticos terão de entrar no mercado, aparecendo primeiro no tempo, estende-se por rodovias interestaduais. Em seguida, eles irão aparecer nos subúrbios e grandes cidades, mas o motorista sempre terá a capacidade de substituir o computador em caso de emergência. Eventualmente, nós iríamos querer saber como nós poderíamos ter vivido sem eles.

As quatro paredes com telas

Não só os computadores aliviariam a tensão de comutação ou reduzir os acidentes de carro, eles também nos ajudariam a nos conectar com amigos e conhecidos. No passado, algumas pessoas se queixaram de que a revolução do computador tem nos desumanizado e nos isolado. Na verdade, ela nos permitiu aumentar exponencialmente o nosso círculo de amigos e conhecidos. Quando você está sozinho ou na necessidade da empresa, você simplesmente perguntar ao sua tela na parede para criar uma ponte com o jogo ou outros indivíduos solitários em qualquer lugar do mundo. Quando você quer alguma ajuda para planejar umas férias, ou organizar uma viagem, ou encontrar uma data, você vai fazê-lo através das telas na parede.

No futuro, um rosto amigo poderá surgir na primeira tela da parede (um cara que você pode mudar para se adequar ao seu gosto). Você vai pedir para ele um plano de férias para você. E ele já conhecerá suas preferências e vai varrer a Internet e dar-lhe uma lista das melhores opções possíveis com os melhores preços. Os recolhimentos da família poderão também ter lugar através da tela da parede. Todas as quatro paredes da sua sala terão telas nas paredes, assim você estará cercado por imagens de seus parentes que estão distantes. No futuro, talvez um parente possa não ser capaz de fazer uma visita para uma ocasião importante. Em vez disso, a família pode reunir em torno das telas nas paredes e celebrar uma reunião em que parte é real e parte é virtual. Ou, através de sua lente de contato, você pode ver as imagens de todos os seus entes queridos, como se realmente estivesse lá, mesmo que eles estejam á milhares de quilômetros de distância. (Alguns comentaristas fizeram notar que a Internet foi originalmente concebida como um dispositivo de "macho" pelo Pentágono, ou seja, o projeto estava preocupado em dominar um inimigo em tempos de guerra. Mas agora a internet é essencialmente "feminina", em que se trata de alcançar e tocar alguém). Teleconferência será substituída por tele presença, a completar imagens 3D e sons de uma pessoa aparecerá em seus óculos ou lentes de contato. Em uma reunião, por exemplo, todo mundo vai se sentar ao redor de uma mesa, com exceção de alguns dos participantes serão exibidos apenas em sua lente. Sem a sua lente, você veria que algumas das cadeiras ao redor da mesa estão vazias. Com sua lente, você vai ver a imagem de todos sentados em suas cadeiras como se estivessem lá. (Isso significa que todos os participantes seriam filmados por uma câmera especial em torno de um quadro semelhante e, em seguida, as imagens enviadas pela Internet.) No filme *Star Wars*, o público ficou surpreso ao ver imagens 3-D de pessoas que aparecem no ar. Mas usando a tecnologia de computador, será capaz de ver estas imagens 3-D em nossa lente de contato, óculos ou telas de parede no futuro. À primeira vista, pode parecer estranho falar para uma sala vazia. Mas lembre-se, quando o telefone foi lançado, alguns criticaram, dizendo que as pessoas estariam falando com as --"vozes desencarnadas". Eles lamentaram que fossem gradualmente substituir o contato direto com as pessoas.

Os críticos tinham razão, mas hoje nós não mentimos quando falamos com vozes desencarnadas, porque aumentou muito o nosso círculo de contatos e enriqueceu as nossas vidas. Isso também pode mudar a sua vida amorosa. Se você está sozinho, sua tela de parede irá conhecer suas preferências, passando e as características físicas e sociais ou a data, e depois procurar na Internet por um possível jogo. E já que às vezes as pessoas mentem em seus perfis, como medida de segurança, sua tela iria verificar automaticamente a história de cada pessoa para detectar mentiras em sua biografia.

Papel eletrônico flexível

Os preços das TVs de tela plana uma vez custaram mais de 10 mil dólares e caíram por um fator de cerca de cinquenta por cento em apenas uma década. No futuro, as telas planas que cobrem uma parede inteira também irão cair drasticamente no preço. Estas telas da parede deverão ser flexíveis e superfinas, utilizando * LEDs (diodos orgânicos emissores de luz). Eles são semelhantes aos diodos emissores de luz comuns, exceto que são baseados em compostos orgânicos que podem ser organizados em um polímero, tornando-os flexíveis. Cada pixel na tela flexível é conectado a um transistor que controla a cor e a intensidade da luz.

Já, os cientistas da Universidade Estadual do Arizona do Display Flexível Center estão trabalhando com a Hewlett-Packard e o Exército dos EUA para aperfeiçoar esta tecnologia. As forças de mercado, então, diminuiriam o custo desta tecnologia ao trazê-lo ao público. Como os preços descem, os custos dessas telas de parede poderão eventualmente, ser do preço do papel de parede comum. Assim, como fazemos quando a colocamos o papel de parede, no futuro, poderão ser também a colocadas as telas na parede, do mesmo jeito. Quando queremos mudar o padrão do nosso papel de parede, nós simplesmente apertaríamos um botão. Redecorar será muito simples.

Esta tecnologia de tela flexível também pode revolucionar a forma como interagimos com nossos computadores portáteis. Nós não precisamos arrastar laptops pesados com a gente. O laptop poderá ser uma simples folha de OLED nós então o dobramos e o colocamos nas nossas carteiras. Um telefone celular pode conter uma tela flexível que pode ser puxada para fora, como um pergaminho. Então, em vez do esforço para digitar no teclado minúsculo do seu celular, você pode ser capaz de esticar uma tela flexível, tão grande quanto você quiser.

Esta tecnologia também torna possíveis as telas de PC serem totalmente transparentes. Num futuro próximo, poderemos estar olhando por uma janela e, em seguida a ondulação de nossas mãos, e de repente a janela se torna uma tela de computador. Ou qualquer imagem que desejar. Nós poderíamos estar olhando para uma

janela de milhares de quilômetros de distância. Hoje, temos o papel que rabiscamos e depois jogamos fora. No futuro, poderemos ter --"computadores de sucata" que não têm identidade especial de si própria. Nós rabiscamos em cima delas e as descartamos. Hoje, nós organizamos a nossa mesa e móveis em torno do computador, que domina o nosso escritório. No futuro, o computador poderá desaparecer e os arquivos vão nos acompanhar como ir de um lugar para outro, de sala em sala ou do escritório para casa.

Isso vai nos dar informação sem fronteiras, a qualquer hora, em qualquer lugar. Hoje em aeroportos que você vê centenas de viajantes que transportam os computadores portáteis. Uma vez no hotel, eles têm que se conectar a Internet, e uma vez eles retornam para casa, eles têm que baixar os arquivos em seus computadores desktop. No futuro, você nunca vai ter a necessidade de levar um computador com você, uma vez que por todos os lados, as paredes, as fotos e móveis poderão se conectar a Internet, mesmo se você estiver em um trem ou carro.

("Cloud computing", onde computadores não são vistos, tratando a computação como uma utilidade que é medida como a água ou eletricidade, é um dos primeiros exemplos da época atual.).

Mundos virtuais

O objetivo da computação ubíqua é levar o computador para o nosso mundo: colocar chips em todos os lugares. O objetivo da realidade virtual é o contrário: colocar-nos no mundo do computador. A realidade virtual foi introduzida pela primeira vez pelos militares na década de 1960 como uma forma de treinamento de pilotos e soldados por meio de simulações.

Os pilotos poderiam praticar desembarque no convés de um porta-aviões, observando uma tela de computador e mover um joystick. No caso de uma guerra nuclear, os generais e os líderes políticos a partir de locais distantes poderiam se encontrar secretamente no ciberespaço.

Hoje, com a energia do computador em expansão exponencial, pode-se viver em um mundo simulado, onde você pode controlar um avatar (uma imagem animada que o representa). Você pode encontrar outros avatares, explorar mundos imaginários, e até se apaixonar e se casar. Você também pode comprar itens virtuais com o dinheiro virtual que pode ser convertida em dinheiro real. Um dos sites mais populares, o Second Life, registrou 16 milhões de contas em 2009. Naquele ano, várias pessoas ganhavam mais de US $ 1 milhão por ano com o Second Life. (O lucro que você faz, no entanto, é tributável pelo governo dos EUA, que considera a renda real.)

A realidade virtual já é um grampo de jogos de vídeo. No futuro quando a potência do computador continuar a se expandir, através de seus óculos ou as telas da

parede, você também será capaz de visitar mundos irreais. Por exemplo, se você quiser ir às compras ou visitar um lugar exótico, você pode fazê-lo primeiro através da realidade virtual, navegar na tela do computador como se você estivesse realmente lá. Desta maneira, você será capaz de andar na Lua, passar as férias em Marte, ir às lojas em países distantes, visitar qualquer museu, e decidir por si mesmo aonde você quer ir. Você também, de certa forma, tem a capacidade de sentir e tocar objetos neste mundo cibernético. Esta é a chamada "tecnologia haptic" e permite-lhe sentir a presença de objetos que são gerados por computador. Ele foi desenvolvido por cientistas que tinham que lidar com material altamente radioativo controlado remotamente por braços robóticos, e pelos militares, que queriam seus pilotos sentisse a resistência de um joystick em um simulador de voo.

Para duplicar a sensação de tocar os cientistas criaram um dispositivo acoplado a molas e engrenagens, de modo que quando você empurra os dedos para frente do dispositivo, ele empurra para trás, simulando a sensação de pressão. Quando você move os dedos sobre uma mesa, por exemplo, este dispositivo pode simular a sensação de sentir a sua superfície de madeira dura. Desta forma, você pode sentir a presença de objetos que são vistos em óculos de realidade virtual, completando a ilusão de que você está mesmo em outro lugar.

Para criar a sensação de textura, outro dispositivo permite que os dedos passem através de uma superfície contendo milhares de pequenos pinos. Como seu movimento dos dedos, a altura de cada pino é controlada por um computador, de modo que possa simular a textura de superfícies duras, tecido aveludado, ou uma lixa. No futuro, por calçar luvas especiais, pode ser possível para dar uma sensação realista de toque sobre uma variedade de objetos e superfícies.

Isso será essencial para o cirurgião de formação, no futuro, uma vez que o cirurgião tem que ser capaz de perceber quando a pressão da realização de uma cirurgia delicada, e o paciente poderá ver uma imagem holográfica em 3-D. Também leva-nos um pouco mais perto do holodeck da série *Star Trek*, onde você anda em um mundo virtual e pode tocar objetos virtuais. Como você vagueia em torno de um quarto vazio, você pode ver objetos fantásticos nos seus óculos ou lentes de contato. Quando você estender a mão e agarrá-los, um dispositivo ótico sobe do chão e simula o objeto que você está tocando. Tive a oportunidade de testemunhar em primeira mão uma dessas tecnologias, quando visitei o CAVE (caverna ambiente virtual automático) na Rowan University em Nova Jersey para o canal de Ciência. Entrei numa sala vazia, onde foi cercada por quatro paredes, cada parede iluminada por um projetor. As imagens 3D podem iluminar as paredes, dando a ilusão de serem transportados para outro mundo. Em uma demonstração, eu estava cercado por gigantes, e dinossauros ferozes. Ao mover um joystick, eu poderia pegar uma carona na traseira de um Tyrannosaurus rex, ou até mesmo ir para a direita dentro de sua boca. Então, eu visitei o Aberdeen Proving Ground, em Maryland, onde os militares dos EUA, elaboraram a

versão mais avançada de um holodeck. Sensores foram colocados no meu capacete e mochila, para que o computador saiba exatamente a posição do meu corpo. Eu, então, caminhei sobre uma esteira omnidirecional, uma esteira sofisticada que lhe permite andar em qualquer direção, enquanto permanecia no mesmo lugar. De repente eu estava em um campo de batalha, esquivando das balas de franco-atiradores inimigos. Eu poderia correr em qualquer direção, me esconder em algum beco, correr á curta distancia em qualquer rua, e as imagens 3D na tela mudavam instantaneamente. Eu poderia até mesmo deitar no chão, e as telas seriam alteradas. Eu poderia imaginar que, no futuro, você será capaz de experimentar a imersão total, por exemplo, se envolver em batalhas com naves alienígenas, e fugir de monstros furiosos, ou brincar em uma ilha deserta, a partir do conforto da sua sala.

Assistência Médica no futuro próximo

Uma visita ao consultório será completamente mudada. Para um exame de rotina, quando você falar com o "doutor", provavelmente será um programa de software de robótica que aparece na tela da parede e que pode diagnosticar corretamente até 95 por cento de todas as doenças comuns. Seu "doutor" pode parecer uma pessoa, mas será na realidade, uma imagem animada programada para perguntar algumas questões simples. Seu "doutor" também terá um registro completo de seus genes, e recomendar um curso de tratamentos médicos que leva em conta todos os fatores de risco genéticos. Para diagnosticar um problema, o "doutor" vai pedir para você passe uma sonda simples sobre seu corpo. Na série original de *Star Trek* na TV, o público ficou surpreso ao ver uma consulta de um aparelho chamado tricorder que poderia instantaneamente diagnosticar qualquer doença dos colegas dentro do seu corpo. Mas você não tem que esperar até o vigésimo terceiro século para este dispositivo futurista. Já, aparelhos de ressonância magnética, que pesam várias toneladas e pode encher uma sala inteira, foram miniaturizados para cerca de um metro, e acabará por ser tão pequeno quanto um telefone celular. Ao passar um sobre seu corpo, você será capaz de ver dentro de seus órgãos. Os computadores vão processar estas imagens em 3-D e em seguida lhe dar um diagnóstico. Esta sonda também vai ser capaz de determinar, dentro de minutos, a presença de uma grande variedade de doenças, incluindo câncer, anos antes de um formar o tumor. Esta sonda irá incluir chips de DNA, os chips de silício que têm milhões de pequenos sensores que podem detectar a presença do DNA revelando muitas doenças.

É claro que muitas pessoas odeiam ir ao médico. Mas, no futuro, sua saúde vai ser leve e silenciosamente monitorada várias vezes ao dia sem você estar ciente disto.

Seu banheiro, espelho do banheiro, e a roupa vão ter chips de DNA para silenciosamente determinar se você tem câncer de colônias de centenas a poucas células que crescem em seu corpo. Você terá mais sensores escondidos no banheiro e no guarda- roupas que são encontradas em um moderno hospital ou universidade hoje. Para exemplo, simplesmente, soprando em um espelho, o chip de DNA de uma proteína chamada p53 mutante pode ser detectada, o que está implicado em 50 por cento de todos os cancros comuns. Isso significa que a palavra tumor vai desaparecer progressivamente do idioma Inglês.

Hoje, se você estiver em um acidente de carro em uma estrada solitária, você poderia facilmente sangrar até a morte. Mas, no futuro, suas roupas e carro automaticamente entrariam em ação ao primeiro sinal de trauma, chamariam uma ambulância, localizariam a posição do seu carro, carregariam o seu histórico médico completo, tudo isso enquanto você estiver inconsciente. No futuro, será difícil para morrer sozinho. Sua roupa vai ser capaz de perceber qualquer irregularidade em seus batimentos cardíacos, respiração e até mesmo o cérebro vagas por meio de minúsculos chips no tecido na tela. Quando você se vestir, você vai ficar alinhado.

Hoje, é possível colocar um chip em um comprimido do tamanho de uma aspirina, completo com uma câmera de TV e rádio. Quando você a engole, a "pílula inteligente", tem imagens de TV de sua garganta e intestinos e, em seguida os sinais de rádio a um receptor nas proximidades. (Isso dá um novo significado para o slogan "Intel inside"). Desta forma, os médicos podem ser capazes de tirar fotos do intestino de um paciente e detectar câncer sem jamais realizar uma colonoscopia (que envolve a inconveniência da inserção de um tubo de seis metros de comprimento até o intestino grosso). Dispositivos microscópicos como esses também reduziram gradualmente a necessidade de cortar a pele para a cirurgia. Esta é apenas uma amostra de como a revolução do computador vai afetar a nossa saúde. Vamos discutir a revolução na medicina com muito mais detalhes nos Capítulos 3 e 4, onde também se discute a terapia genética, clonagem, alterando a vida humana.

Vivendo em conto de fadas

Porque a inteligência do computador será tão barata e disseminada no ambiente, que alguns futuristas têm comentado que o futuro pode parecer algo saído de um conto de fadas. Se nós temos o poder dos deuses, o céu em que vivemos será semelhante a um mundo de fantasia. O futuro da Internet, por exemplo, é tornar-se o espelho mágico da Branca de Neve. Nós vamos dizer: "Espelho, espelho na parede", e um rosto amigável vai surgir, o que nos permite acessar a sabedoria do planeta. Vamos colocar chips em nossos brinquedos, tornando-os inteligentes, como o Pinóquio, o

boneco que queria ser um menino de verdade. Como Pocahontas, nós vamos falar com o vento e as árvores, e eles vão responder. Vamos supor que os objetos são inteligentes e que podemos falar com eles.

Como os computadores serão capazes de localizar muitos dos genes que controlam o processo de envelhecimento, podemos ser eternamente jovens, como o Peter Pan. Nós seremos capazes de abrandar e talvez reverter o processo de envelhecimento, como os meninos de Neverland, que não queriam crescer. A *Realidade Aumentada* nos dará a ilusão que, como Cinderela, poderemos montar uma fantasia em uma carruagem real e dançar graciosamente com um belo príncipe. (Mas à meia-noite, os óculos se desligariam a nossa realidade aumentada e voltaríamos ao mundo real.) Porque computadores estão revelando os genes que controlam nossos corpos, nós seremos capazes de reestruturar os nossos órgãos, substituindo os órgãos e mudar a nossa aparência, mesmo a nível genético, como a besta em "A Bela e a Fera".

Alguns futuristas têm mesmo medo de que isso poderia dar origem a um retorno ao misticismo da Idade Média, quando as maiorias das pessoas acreditavam que havia espíritos invisíveis que habitam tudo à sua volta.

Fim Da Lei De Moore

Temos de perguntar: Quanto tempo poderia isto ser a última revolução do computador? Se a lei de Moore fosse válida para outros cinquenta anos, é concebível que os computadores terão rapidamente excedido o poder computacional do cérebro humano. Pela metade do século, uma nova dinâmica ocorre. Como George Harrison disse certa vez: "Todas as coisas devem passar”. Mesmo a Lei de Moore deve terminar, e com ele o espetacular crescimento do poder de computador que tem alimentado o crescimento económico para a segunda metade do século passado.

Hoje, é um dado adquirido, e na verdade acredito que é nosso direito, de ter produtos de informática de poder sempre crescente e complexidade. É por isso que comprar produtos de informática novos a cada ano, sabendo que eles são quase duas vezes mais potentes que o modelo do ano passado. Mas se desmoronar a lei de Moore, e cada geração de produtos de informática têm aproximadamente a mesma potência e velocidade da geração anterior, então por que se preocupar para comprar novos computadores?

Como os chips são colocados em uma grande variedade de produtos, isso poderia ter efeitos desastrosos sobre o conjunto da economia. Como indústrias inteiras ficando paralisadas, milhões poderiam perder seus empregos e a economia poderia ser atirada no caos.

Anos atrás, quando nós, os físicos apontavam o inevitável colapso da lei de Moore, tradicionalmente a indústria ridicularizou as nossas reivindicações, o que

implica que choravam. O fim da lei de Moore foi predita tantas vezes, diziam eles, que eles simplesmente não acreditavam mais nisso. Mas não por tanto tempo. Dois anos atrás, fui convidado principal de uma grande conferência da Microsoft na sua sede principal em Seattle, Washington. Três mil dos melhores engenheiros de Microsoft estavam na plateia, a esperam de ouvir o que eu tinha a dizer sobre o futuro dos computadores e das telecomunicações. Olhando para a multidão, eu podia ver os rostos dos jovens, entusiasmados engenheiros que seria a criação de programas que serão executados nos computadores com secretárias sentadas ao seu redor. Eu fui franco sobre a lei de Moore, e disse que a indústria tem que se preparar para este colapso. Uma década antes, eu poderia ter sido recebido com deboche ou algumas vaias. Mas desta vez eu só vi as pessoas balançando suas cabeças.

Assim, o colapso da lei de Moore é uma questão de importância internacional, com trilhões de dólares em jogo. Mas exatamente como isso vai acabar, e o que vai substituí-lo, depende das leis da física. As respostas a estas perguntas acabaram com a física da estrutura económica do capitalismo. Para entender essa situação, é importante perceber que o sucesso extraordinário da revolução do computador baseia-se em vários princípios da física.

Primeiro, os computadores têm velocidade impressionante porque os sinais elétricos viajam em velocidade próxima à da luz, que é a velocidade final no universo. Em um segundo, um feixe de luz pode viajar ao redor do mundo sete vezes ou chegar à lua. Os elétrons também são facilmente movimentados e fracamente ligados ao átomo (e podem ser raspados apenas penteando o cabelo, andando sobre um tapete, ou fazendo a sua roupa, por isso é que nós temos estática). A combinação de frouxamente ligados elétrons e sua enorme velocidade nos permite enviar sinais elétricos em um ritmo de cegueira, que criou a revolução elétrica do século passado.

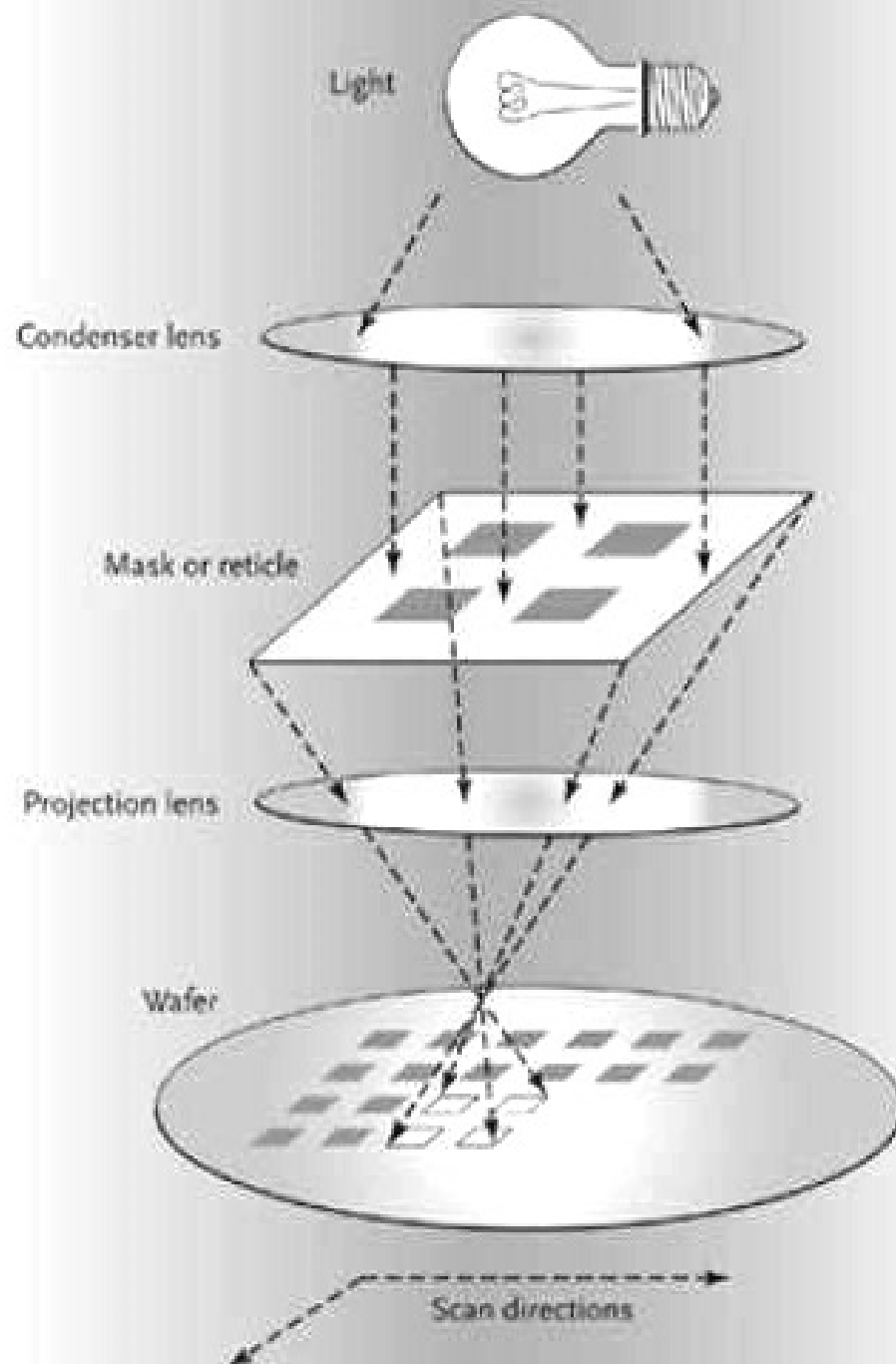
Em segundo lugar, não há praticamente nenhum limite para a quantidade de informação que você pode colocar em um raio laser. As ondas de luz, porque elas vibram muito mais rápido que a velocidade do som, pode levar muito mais informação do que o som. (Por exemplo, pense em esticar um longo pedaço de corda e, em seguida vibrando rapidamente. Quanto mais rápido você mexer um lado, mais sinais você pode enviar junto com a corda. Assim, a quantidade de informação que você pode enfiar em uma onda aumenta quanto mais rápido você vibrar, isto é, aumentando a sua frequência.) A luz é uma onda que vibra em cerca de 1014 ciclos por segundo (que é 1 seguido por 14 zeros). Levam muitos ciclos para transmitir um bit de informação (1 ou 0). Isso significa que um cabo de fibra óptica pode transportar cerca de 1011 bits de informação em uma única frequência. E este número pode ser aumentado por testes para muitos sinais em uma única fibra óptica e, em seguida, a agregação destas fibras em um cabo. Isso significa que, por aumento do número de canais em um cabo e, em seguida, aumentar o número de cabos, pode-se transmitir informações quase sem limite. Terceiro, e mais importante, a revolução do computador é impulsionado pela

miniaturização de transistores. Um transistor é um portão, ou interruptor, que controla o fluxo de eletricidade. Se um circuito elétrico é comparado ao encanamento, em seguida, um transistor é como uma válvula de controle do fluxo de água. Da mesma forma que a simples torção de uma válvula pode controlar um enorme volume de água, o transistor permite um fluxo pequeno de eletricidade para controlar um fluxo muito maior, assim, ampliando seu poder.

No coração desta revolução é o chip de computador, que podem conter centenas de milhões de transistores em uma pastilha de silício do tamanho de uma unha.

Dentro do seu computador portátil, existe um chip cujos transistores só podem ser vistos sob um microscópio. Esses transistores são incrivelmente pequenos criados da mesma forma que desenhos em camisetas são feitas. Projetos em camisetas são produzidos em massa, criando primeiro uma matriz com o esboço do padrão que se deseja criar. Em seguida, o estêncil é colocado sobre o pano, e tinta spray é aplicada. Somente onde há lacunas no estêncil a tinta penetra no tecido. Uma vez que o estêncil é removido, tem uma cópia perfeita do padrão sobre a tshirt.

Da mesma forma, um estêncil é feito com intrincados contornos de milhões de transistores. Este é colocado sobre uma bolacha contendo muitas camadas de silício, que é sensível à luz. A luz ultravioleta é focalizada sobre o estêncil, que então penetra através das aberturas do estêncil e expõe o wafer de silício. Em seguida, o wafer é banhado em ácido, esculpindo os contornos dos circuitos e criando o desenho intrincado de milhões de transistores. Uma vez que a hóstia é composta de muitas camadas condutoras e semicondutoras, os cortes de ácido no wafer em diferentes profundidades e padrões, assim pode-se criar circuitos de enormes complexidade. Uma razão pela qual a lei de Moore tem incansavelmente aumentado o poder dos chips é porque a luz UV pode ser ajustada de modo que seu comprimento de onda é menor e menores, tornando possível criar transistores cada vez menores em pastilhas de silício. Desde que a luz UV tem um comprimento de onda de apenas 10 nanômetros (um nanômetro é um bilionésimo de metro), isto significa que o menor transistor que você pode gravar é de cerca de trinta átomos de largura. Mas este processo não pode durar para sempre. Em algum momento, será fisicamente impossível para os transistores desta forma que são do tamanho de átomos. Você pode até calcular aproximadamente, quando a lei de Moore vai finalmente colapso: quando você finalmente bater em transistores do tamanho de átomos individuais.

Light
Condenser lens
Mask or reticle
Projection lens
Wafer
Scan directions

***O fim da lei de Moore. Chips são feitos da mesma forma como desenhos em camisetas. Em vez de spray pintando um estêncil, a luz UV é focada em um estêncil, queimando uma imagem para leigos no silício. Ácidos esculpem então a imagem, criando centenas delas. Mas há um limite para o processo quando atingir a escala atômica. Será que o Vale do Silício se tornará um Vale da Ferrugem?* (Crédito da foto 1.1)**

Perto do ano 2020 ou logo depois, a lei de Moore vai gradualmente deixar de pender verdadeira e o Vale do Silício pode lentamente se transformar em um Vale de Ferrugem a menos que uma substituição à tecnologia seja encontrada. De acordo com as leis da física, ela acabou e a Era do Silício terá chegado ao fim, quando entrarmos na *Era Pós-Silício*. Os transistores serão tão pequenos que a teoria quântica e física atômica assumem que os elétrons vazariam dos fios. Por exemplo, a camada mais fina dentro do seu computador ser cerca de cinco átomos de largura. Nesse ponto, de acordo com as leis da física, a teoria quântica, assume. O princípio da incerteza de Heisenberg afirma que você não pode saber a posição e a velocidade de qualquer partícula. Isso pode soar absurdo, mas no nível atômico você simplesmente não pode saber onde o elétron está por isso nunca pode ser limitado precisamente em um fio ultrafino ou camada e, necessariamente, e vazamentos, causariam um curto-circuito dentro do circuito. Vamos discutir isso mais detalhadamente no capítulo 4, quando analisarmos a nanotecnologia. Para o restante deste capítulo, vamos supor que os físicos encontrassem um sucessor para o silício, mas o poder computacional cresceria a um ritmo muito mais lento do que antes. Os computadores irão provavelmente continuar a crescer exponencialmente, mas o tempo de duplicação não será de dezoito meses, mas sim de muitos anos.

Misturando o mundo real e o virtual

Pela metade do século, todos nós devemos estar vivendo em uma mistura de realidade virtual e real. Em nossa lente de contato ou óculos, vamos ver simultaneamente imagens virtuais sobrepostas ao mundo real. Esta é a visão do Susumu Tachi da Universidade de Keio, no Japão e muitos outros. Ele está projetando óculos especiais que misturam fantasia e realidade. Seu primeiro projeto é fazer com que as coisas desapareçam no ar.

Visitei Tachi em Tóquio e assistiu a algumas das suas experiências marcantes na mistura realidade virtual e real. Uma aplicação simples é fazer um objeto desaparecer (pelo menos em seus óculos de proteção). Primeiro, eu usava uma capa de

chuva de luz especial marrom. Quando estendi as minhas armas, se assemelhava a uma vela grande.

Então, uma câmera estava focada na minha capa de chuva e uma segunda câmera filmou a paisagem atrás de mim, que consistia em ônibus e carros se movendo ao longo de uma estrada. Um instante depois, um computador fundiu estas duas imagens, para que a imagem que ficou atrás de mim brilhasse em minha capa de chuva, como se estivesse em uma tela. Se você olhasse para uma lente especial, o meu corpo desapareceria, deixando apenas as imagens dos carros e ônibus. Desde a minha cabeça estava acima da capa de chuva, parecia que minha cabeça estava flutuando no ar, sem corpo, como o Harry Potter vestindo seu manto de invisibilidade.

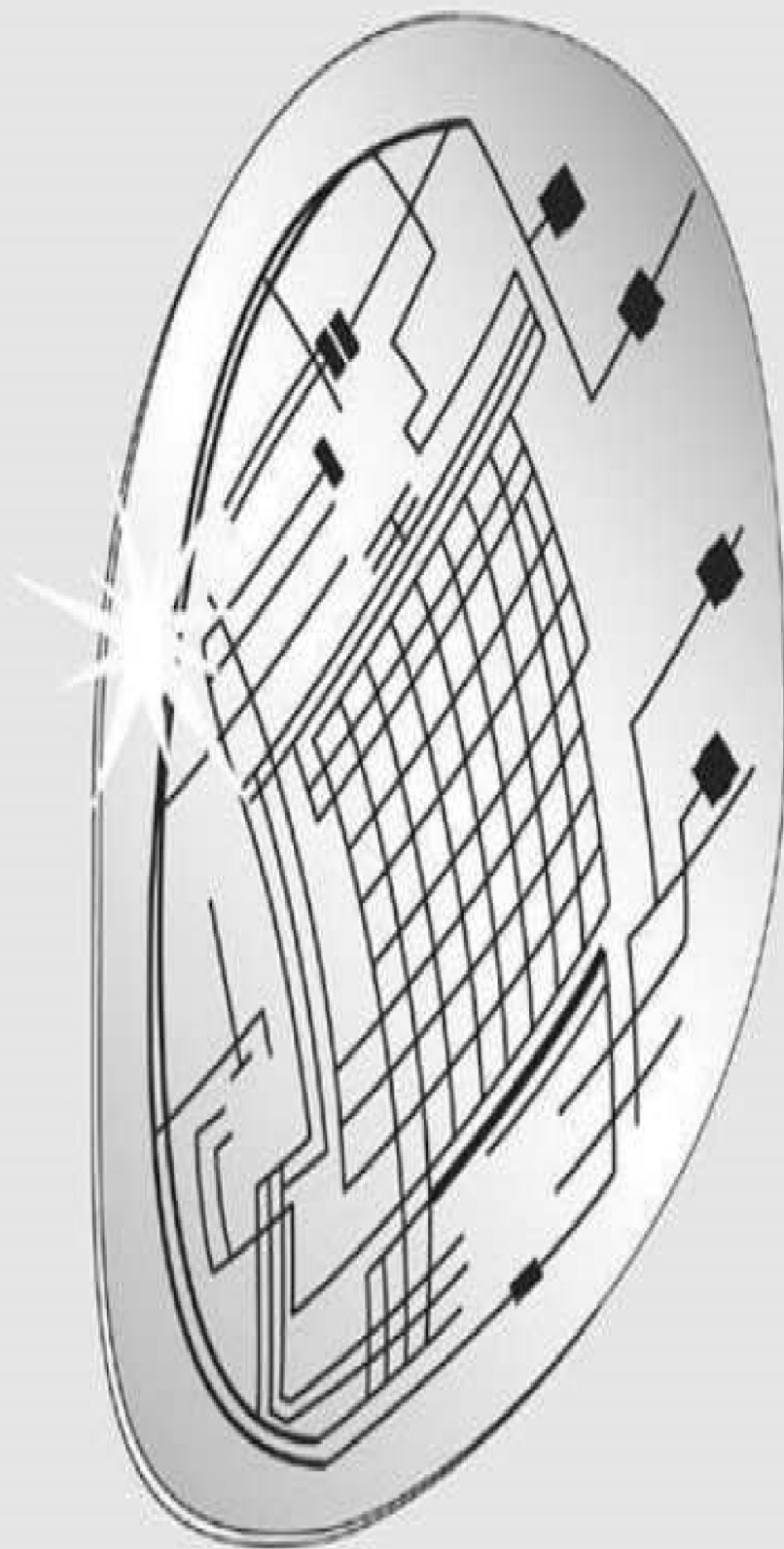
Tachi, em seguida, mostrou-me alguns óculos especiais. Ao usá-los, eu poderia ver os objetos reais e depois fazê-los desaparecer. Isso não é invisibilidade de verdade, uma vez que só funciona se você usar óculos especiais que fundem duas imagens. No entanto, é parte do grande programa de Tachi, que é às vezes chamada de "realidade aumentada ".

Pela metade do século, viveremos em um mundo virtual em pleno funcionamento, que mescla o mundo real com imagens de um computador. Isso pode mudar radicalmente o local de trabalho, comércio, entretenimento, e nosso modo de vida. A realidade aumentada teria consequências imediatas para o mercado. A primeira aplicação comercial seria fazer com que objetos se tornem invisíveis, ou fazer o invisível se tornar visível.

Por exemplo, se você é um piloto ou um driver, você será capaz de ver 360 graus em torno de si, e mesmo debaixo dos seus pés, porque os seus óculos de proteção ou lentes permitem ver através das paredes do avião ou carro. Isto irá eliminar os pontos cegos que são responsáveis por dezenas de acidentes e mortes. Em um dogfight, pilotos do jato serão capazes de controlar jatos inimigos em qualquer lugar do voo, mesmo abaixo dos mesmos, como se o seu jato fossem transparentes. Os condutores vão poder ver em todas as direções, desde pequenas câmeras acompanhará 360 graus de seu entorno e feixe as imagens em suas lentes de contato.

Se você é um astronauta fazendo reparos na parte externa de um foguete, você também vai achar isto útil, já que você pode ver através de paredes, divisórias e do casco da nave ou do foguete. Isso pode ser salva-vidas. Se você é um trabalhador da construção civil fazendo reparos no subsolo, em meio a uma massa de fios, tubos e válvulas, você vai saber exatamente onde eles estão todos conectados. Isso pode ser vital em caso de uma explosão de gás ou vapor, quando as tubulações escondidas atrás de muros têm que ser reparados e reconectados rapidamente.

Da mesma forma, se você é um explorador, você será capaz de ver através do solo, para depósitos subterrâneos de água ou óleo. Fotografias de satélite e avião tiradas de um campo com luz infravermelha e ultravioleta poderão ser analisadas e, em seguida, aparecendo em sua lente de contato, o que lhe dará uma análise 3D do site e o

que encontra-se abaixo da superfície. Enquanto você anda através de uma paisagem árida, você vai "ver" os depósitos minerais valiosos através da sua lente. Além de tornar os objetos invisíveis, você também será capaz de fazer o contrário: fazer com que o invisível se tornar visível. Se você é um arquiteto, você será capaz de andar perto de um quarto vazio e de repente "ver" toda a imagem 3D do edifício que você está projetando. Os projetos em seu plano vão pular em você enquanto você vagueia em torno de cada quarto. Quartos vagos, de repente se tornam vivos, com móveis, tapetes e enfeites nas paredes, permitindo que você visualize sua criação, em 3D antes mesmo de construir. Simplesmente movendo os braços, você será capaz de criar novas salas, paredes e mobiliário. Neste mundo de realidade aumentada, você terá o poder de um mago, acenando sua varinha e criando qualquer objeto que você deseja.

***As lentes de contato da Internet irão reconhecer os ases das pessoas, mostrar suas biografias, e traduzir as suas palavras como legendas. Turistas iriam usá-las para ressuscitar os antigos monumentos. Artistas e arquitetos a usariam para manipular e remodelar as suas criações virtuais. As possibilidades são infinitas pela realidade aumentada.**

Realidade aumentada: Uma revolução no turismo, arte, comércio e guerra

Como você pode ver, as implicações para o comércio e ambiente de trabalho são potencialmente enormes. Praticamente todo trabalho pode ser enriquecido com realidade aumentada. Além disso, nossas vidas, entretenimento, e nossa sociedade serão muito maiores por esta tecnologia. Por exemplo, um turista andando em um museu pode ir a uma exibição para expor sua lente de contato que lhe dá uma descrição de cada objeto, um guia virtual que lhe dá uma cybertour quando você passar. Se você está visitando algumas ruínas antigas, você será capaz de "ver" reconstrução completa dos edifícios e monumentos em toda a sua glória, junto com anedotas históricas. Os restos do Império Romano, em vez de colunas quebradas ou ervas daninhas, ao voltar à vida quando você vaguer entre eles, serão adicionados com comentários e notas.

O Instituto de Tecnologia de Pequim já tomou as medidas dos primeiros passos nesse sentido. No ciberespaço, ele recriou o fabuloso Jardim de Perfeição brilhando, que foi destruída pelas forças anglo-francesas durante a Segunda Guerra do Ópio de 1860. Hoje, tudo o que resta do jardim é a fábula dos destroços deixados pelas tropas saqueadoras. Mas se você vir às ruínas de uma plataforma de observação especial, você pode ver o jardim inteiro, antes que você veja em todo o seu esplendor. No futuro, isto será banalizado.

Um sistema ainda mais avançado foi criado pelo inventor Nikolas Neecke, que criou um passeio a pé da Basiléia, na Suíça. Quando você andar por aí as suas ruas antigas, você vê imagens de prédios antigos e até mesmo pessoas sobrepostas as atuais, como se você fosse um viajante do tempo. O computador localiza a sua posição e, em seguida, mostra imagens de cenas antigas em seus óculos de proteção, como se fossemos transportados para os tempos medievais. Hoje, você tem que usar óculos grandes e uma mochila pesada cheia de eletrônica, aparelhos *GPS*, e computadores. Amanhã, você vai ter isso na sua lente de contato.

Se você estiver dirigindo um carro em uma terra estrangeira, todos os indicadores que aparecem na sua lente de contato em Inglês, então você nunca teria que olhar para baixo para ver elas. Você verá os sinais de trânsito, juntamente com explicações de qualquer objeto nas proximidades, como atrações turísticas. Você também verá as traduções rápidas dos sinais da estrada. Um caminhante, autocaravana, ou outdoorsman vão saber não apenas sua posição em uma terra estrangeira, mas também os nomes de todas as plantas e animais, e serão capazes de ver um mapa da área e receber boletins meteorológicos. Ele também vai ver trilhas e parques de campismo que podem ser escondidos por arbustos e árvores.

Veremos as moradias de caçadores, ou seremos capazes de ver o que está disponível como você anda na rua ou por unidade em um carro. Sua lente irá exibir o preço, o grau de conforto, etc., de qualquer apartamento ou casa que está à venda. E olhando para o céu à noite, você vai ver as estrelas e todas as constelações claramente delineadas, como se estivesse assistindo a uma sessão de planetário, exceto que as estrelas que você vê são reais. Você também vai ver onde galáxias distantes e buracos negros, e outros locais de interesse astronómico estão localizados e ser capaz de fazer o download das palestras interessantes. Além de ser capaz de ver através de objetos e visitar países estrangeiros, a visão ampliada será essencial se você precisar de muita informação especializada em um dado momento. Por exemplo, se você é um ator, músico ou artista que tem que memorizar grandes quantidades de material, no futuro, você vai ver todas as linhas ou música em sua lente. Você não vai precisar ler os *teleprompters (TV: dispositivo eletrônico no qual aparece o texto a ser lido pelo apresentador.), placas de sinalização, partituras, notas ou lembrá-las. Você não vai precisar decorar nada.

Outros exemplos incluem: se você é um estudante e perdeu uma palestra, você será capaz de fazer download de palestras ministradas por professores virtuais sobre qualquer assunto e assisti-los. Via tele presença, uma imagem real de um professor poderia aparecer na frente de você e responder quaisquer perguntas que possa ter. Você também será capaz de ver demonstrações de experimentos, vídeos, etc., através de sua lente.

Se você for um soldado no campo, seus óculos de proteção ou fone de ouvido poderão lhe dar todas as últimas informações, mapas, locais inimigos, a direção do fogo inimigo, instruções dos superiores hierárquicos, etc. em um tiroteio com o inimigo, que as balas passariam zunindo de todas as direções, você seria capaz de ver através de colinas e obstáculos e localizar o inimigo, pois as aeronaves voando no céu poderiam identificar suas posições.

Se você é um cirurgião fazendo uma delicada operação de emergência, você será capaz de ver o interior do paciente (através de máquinas portáteis de ressonância magnética), através da corporal (através de sensores móveis no interior do corpo), bem como acessar todos os registros médicos e vídeos de operações anteriores.

Se você estiver jogando um game, você pode "mergulhar" no ciberespaço em sua lente de contato. Embora você esteja em uma sala vazia, você pode ver todos os seus amigos em perfeito 3D, passando por algumas paisagens exóticas enquanto você se prepara para fazer a batalha com alienígenas imaginários. Será como se você estivesse no campo de batalha de um planeta alienígena, com explosões de raios saindo em torno de você e seus amigos.

Se você precisasse olhar as estatísticas de qualquer atleta ou curiosidades dos esportes, as informações surgiriam imediatamente em sua lente de contato.

Isto significa que você não precisaria de um telefone celular, relógios ou, leitores de MP3 e etc. Todos os ícones do seu handheld e vários objetos seriam projetados em suas lentes de contato, para que você possa acessá-los a qualquer momento que você queira. Os telefonemas, sites de música na Web, etc. poderiam ser acessados desta forma. Muitos dos aparelhos e gadgets que você tem em casa pode ser substituída pela realidade aumentada.

Outro cientista empurrando a fronteira da realidade aumentada é Pattie Maes, do MIT Media Laboratory. Em vez de usar lentes de contato especiais, óculos, ou óculos de proteção, ela chama projetar uma tela de computador em objetos comuns em nosso meio. Seu projeto, chamada SixthSense, envolve usando uma pequena câmera e um projetor em torno de seu pescoço, como um medalhão, que pode projetar a imagem de uma tela de computador em qualquer coisa na sua frente, ou na parede ou numa tabela. Pressionar os botões imaginários ativados automaticamente o computador, como se você estivesse digitando em um teclado real. Desde que a imagem de uma tela de computador pode ser projetada em qualquer coisa plana e sólida na sua frente, você pode converter centenas de objetos em telas de computador.

Além disso, você veste dedais de plástico especiais em seu polegar e dedos. Como você mover os dedos, o computador executa as instruções no computador na tela na parede. Ao mover os dedos, por exemplo, você pode desenhar imagens na tela do computador. Você pode usar os dedos, em vez de um mouse para controlar o cursor. E se você colocar as mãos juntas para formar um quadrado, você pode ativar uma câmera digital e tirar fotos. Isto também significa que quando você vai comprar, o computador irá digitalizar diversos produtos, identificar o que são, e depois dar-lhe uma leitura completa de seu conteúdo, o conteúdo de calorias, e opiniões de outros consumidores. Como os chips custarão menos do que os códigos de barra, cada produto comercial terá a sua própria etiqueta inteligente que você pode acessar e digitalizar.

Outra aplicação de realidade aumentada pode ser a visão de raios-X, muito semelhante à visão de raios-X em quadrinhos do *Superman*, que usa um processo chamado "Retro espalhamento de raios-X." Se os seus óculos ou lentes de contato são sensíveis aos raios X, pode ser possível ver através das paredes. Como você olhar em volta, você será capaz de ver através de objetos, assim como nos quadrinhos. Toda criança, quando leu pela primeira vez os quadrinhos do *Superman*, o sonho de ser

"mais rápido que uma bala, mais poderoso que uma locomotiva.". Milhares de crianças usam capas, ou pulam grades, saltam no ar, e fingem que têm visão de raios-X, mas isso é também uma verdadeira possibilidade.

Um problema comum com raios-X é que você tem que colocar película de raios-X por trás de qualquer objeto, expor o objeto de raios-X, e então desenvolver o filme. Mas retro espalhamento de raios-X de resolver todos esses problemas. Primeiro você tem raios X proveniente de uma fonte de luz que pode banhar-se numa sala. Em seguida, eles saltam fora das paredes e passam por trás através do objeto que você deseja examinar. Seus óculos são sensíveis aos raios-X que passaram através do objeto. Imagens vistas através de retro espalhamento de raios-X poderão ser tão boas como as imagens encontradas nas histórias em quadrinhos. (Aumentando a sensibilidade dos óculos, pode-se reduzir a intensidade dos raios-X, para minimizar os riscos à saúde).

Tradutor universal

Em Star Trek, a saga Star Wars, e praticamente todos os outros filmes de ficção científica, curiosamente, todos os estrangeiros falam Inglês perfeito. Isso ocorre porque há algo chamado de "tradutor universal" que permite que os terráqueos se comuniquem instantaneamente com qualquer civilização alienígena, removendo o inconveniente de tediosamente usar a linguagem de sinais e gestos primitivos para se comunicar com um estrangeiro.

Embora uma vez considerada irrealista e futurista, as versões do tradutor universal já existem. Isto significa que, no futuro, se você é um turista em um país estrangeiro e falar com os habitantes locais, você vai ver as legendas em sua lente de contato, como se estivesse assistindo a um filme em língua estrangeira. Você também pode ter seu computador criar uma tradução de áudio que estará alimentado seus ouvidos. Isso significa que são possíveis duas pessoas terem uma conversa, com cada um falando em sua própria língua, ao ouvir a tradução em seus ouvidos, se ambos tiverem o tradutor universal. A tradução não é perfeita, uma vez que há sempre problemas com expressões idiomáticas, gírias, expressões e coloridos, mas vai ser bom o suficiente para que você entenda a essência do que pessoas que estarão dizendo.

Há várias maneiras em que os cientistas estão a fazendo disso uma realidade. A primeira é criar uma máquina que pode converter a palavra falada na escrita. Em meados de 1990, as primeiras máquinas de reconhecimento de fala disponíveis comercialmente surgiram no mercado. Elas podiam reconhecer até 40.000 palavras com 95 por cento de exatidão. Desde uma conversa típica diária usa apenas 500 a 1.000 palavras, essas máquinas são mais que suficientes. Uma vez que a transcrição da voz

humana é realizada, cada palavra é traduzida para outra língua através de um computador dicionário. Então vem a parte difícil: colocar as palavras no contexto, acrescentando gírias, expressões coloquiais, etc., todos os quais requerem uma compreensão sofisticada das nuances da língua. O campo é CAT chamado (tradução assistida por computador).

Outra maneira é ser pioneira na Universidade Carnegie Mellon em Pittsburgh. Os cientistas de lá já têm protótipos que podem traduzir em chinês-Inglês e Inglês para o espanhol ou alemão. Eles ligam eletrodos no pescoço e o rosto do orador, esses pegam a contração dos músculos e decifram as palavras que estão sendo faladas. Seu trabalho não exige qualquer equipamento de áudio, uma vez que as palavras podem sair da boca silenciosamente. Em seguida, um computador traduz essas palavras e um sintetizador de voz fala em voz alta. Em conversas simples envolvendo 100 a 200 palavras, eles alcançaram 80 por cento de exatidão. "A ideia é que você pode falar com a boca palavras em Inglês e que sairá em língua chinesa ou outra", diz Tanja Schultz, um dos pesquisadores. No futuro, seria possível para um computador de ler os lábios da pessoa que você está falando, então os eletrodos não são mais necessárias. Assim, em princípio, é possível ter duas pessoas tendo uma conversa animada, apesar de falar em dois idiomas diferentes.

No futuro, as barreiras linguísticas, que uma vez impedido tragicamente culturas de compreender o outro, pode cair gradualmente com este tradutor universal e lentes de contato ou óculos Internet. Embora a realidade aumentada abra um mundo inteiramente novo, há limitações. O problema não será um de hardware, nem é uma limitação de largura de banda o fator, já que não há limite para a quantidade de informação que pode ser transportada por cabos de fibra óptica. O verdadeiro ponto de estrangulamento é o software. Criação de software pode ser feita somente a maneira old-fashioned. Um ser humano, sentado calmamente em uma cadeira com um lápis, papel e laptop vai ter que escrever os códigos, linha por linha, que fazem com que esses mundos imaginários ganhem vida. Pode-se produzir hardware em massa e aumentar seu poder acumulando mais fichas de download, mas você não pode produzir cérebro em massa. Isto significa que a introdução de um mundo verdadeiramente de realidade aumentada levará décadas, até meados do século.

Hologramas e 3D

Outro avanço tecnológico, podemos ver até em meados do século é a verdadeira TV e filmes 3D. Voltar na década de 1950, os filmes 3D necessário que você colocar na clunky óculos cujas lentes eram de cor azul e vermelha. Esta se aproveitou do fato de que o olho esquerdo e o olho direito estão um pouco

desalinhados, o filme era exibido na tela com duas imagens, uma azul e outra vermelha. Uma vez que esses óculos atuaram como filtros que geravam duas imagens distintas, uma para o olho esquerdo e a outra para o olho direito, isso deu a ilusão de ver em três dimensões, quando o cérebro fundia as duas imagens. A percepção de profundidade, portanto, era um truque. (Quanto mais distantes os seus olhos estiverem, maior será à percepção de profundidade. É por isso que alguns animais têm os olhos fora de suas cabeças. Para lhes dar a percepção de profundidade máxima), uma das melhorias é ter os óculos 3D de vidro polarizado, de modo que o olho esquerdo e o olho direito exibem duas imagens diferentes e polarizadas.

Assim, podem-se ver imagens 3D a cores, e não apenas em azul e vermelho. Como a luz é uma onda, pode vibrar cima e para baixo, ou para a esquerda e direita. A lente polarizada é um pedaço de vidro que permite apenas uma direção da luz para atravessar. Portanto, se você tem duas lentes polarizadas em seus óculos, com diferentes direções de polarização, você pode criar um efeito 3D. Uma versão mais sofisticada do 3D pode ser ter duas imagens diferentes introduzidas nas nossas lentes de contato.

TVs em 3D que requerem o uso de óculos especiais já chegaram ao mercado. Mas logo, os televisores em 3D não vão mais precisar deles, em vez de usar lentes oculares. A tela da TV é feita especialmente para que as duas imagens distintas projetadas em ângulos ligeiramente diferentes, uma para cada olho. Assim que seus olhos veem imagens separadas, dando a ilusão de 3D. No entanto, sua cabeça deve ser posicionada corretamente, existem "pontos doces", onde seus olhos devem ficar quando você olhar para a tela. (isso se aproveita de uma ilusão de óptica bem conhecida. Nas novidades das lojas, vemos imagens que magicamente se transformam à medida que caminhamos passando por elas. Isto é feito tomando-se duas imagens, a fragmentação cada uma em muitas tiras finas e, em seguida intercalando as tiras, criando uma imagem composta. Em seguida, uma folha de vidro lenticular com muitos sulcos verticais é colocada em cima do composto, cada sulco situado exatamente em cima de duas tiras. O sulco é de um formato especial para que, quando você olhar para ele de um ângulo, você pode ver um tira, mas a outra tira aparece de outro ângulo. Assim, caminhando e passando, a folha de vidro, vemos cada imagem, de repente se transformar de uma para a outra, e vice-versa. As TVs em 3D irão substituir estas imagens ainda com movimento imagens para atingir o mesmo efeito sem o uso de óculos.) Mas a versão mais avançada do 3D será a dos hologramas. Sem usar quaisquer óculos, você veria a frente da onda precisa de uma imagem 3D, como se estivesse sentada diretamente na sua frente. Hologramas foram em torno de décadas (eles aparecem em lojas de novidades, com cartões de crédito, e nas exposições), e eles regularmente são caracterizados em filmes de ficção científica.

Em Star Wars, a trama foi posta em movimento por uma mensagem de socorro holográfica em 3D enviada da Princesa Léia aos membros da Aliança Rebelde. O

problema é que os hologramas são difíceis de criar. Os hologramas são feitos tomando um feixe de laser único e dividindo-o em dois. Um raio cai sobre o objeto que você quer fotografar, o que salta fora e cai em uma tela especial. O segundo raio laser incide diretamente sobre a tela. A mistura dos dois feixes cria um complexo padrão de interferência que contém a imagem "congelada" em 3-D do objeto original, que é então capturada por uma película especial na tela. Então, piscando um terceiro raio laser através da tela, a imagem do objeto original vem à vida em 3D.

Há dois problemas com a TV holográfica. Primeiro, a imagem tem que piscar na tela. Sentado na frente da tela, você vê exatamente a imagem 3D do objeto original. Mas você não pode chegar e tocar o objeto. A imagem 3D que você vê na sua frente é uma ilusão. Isto significa que se você está assistindo um jogo de futebol em 3D no seu televisor holográfico, não importa a sua perspectiva, porque a imagem na sua frente que você vê mudar é como se fosse real. Pode parecer que está na sua frente à direita numa linha de 50 jardas * (aproximadamente 76 metros), assistindo o jogo a poucos centímetros dos jogadores de futebol. No entanto, se você fosse estender a mão para agarrar a bola, você esbarraria na tela.

O verdadeiro problema técnico que impediu o desenvolvimento da televisão holográfica é o de armazenamento de informações. Uma verdadeira imagem 3D contém uma vasta quantidade de informações, muitas vezes a informação armazenada dentro de uma única imagem 2D. Computadores regularmente processam imagens 2D, uma vez que a imagem é fragmentada em pequenos pontos, chamados pixels, e cada pixel é iluminado por um pequeno transistor. Mas para fazer um movimento de imagem 3D, você precisa de flash trinta imagens por segundo. Um cálculo rápido mostra que as informações necessárias para gerar imagens em 3D holográficas em movimento excedem em muito a capacidade da Internet de hoje.

Lá pela metade do século, esse problema pode ser resolvido como a largura de banda da Internet se expandir de forma exponencial.

Com o que realmente pode se parecer verdadeira TV 3D? Uma possibilidade é uma tela em forma de cilindro ou de cúpula que flutuaria na sua frente. Quando a imagem na tela holográfica piscasse (mudasse a imagem), veríamos as imagens 3D que nos cercam como se realmente estivéssemos lá.

Futuro do Computador: A Mente excede a matéria

Até o final deste século, vamos controlar os computadores diretamente com nossas mentes. Como deuses gregos, vamos pensar de certos comandos e os nossos desejos serão obedecidos. O fundamento para essa tecnologia já foi alicerçado. Mas pode levar décadas de trabalho duro para completá-la. Esta revolução está em duas partes: primeiro, a mente deve ser capaz de controlar objetos ao seu redor. Em segundo

lugar, um computador tem de decifrar os desejos de uma pessoa, a fim de realizá-los. A primeira descoberta importante foi feita em 1998, quando cientistas da Universidade Emory e da Universidade de Tübingen, na Alemanha, colocaram um copo pequeno de eletrodos diretamente no cérebro de um homem de cinquenta e seis anos de idade, que ficou paralisado após um acidente vascular cerebral. O eletrodo foi conectado a um computador que analisou os sinais de seu cérebro. A vítima do derrame foi capaz de ver uma imagem do cursor na tela do computador. Então, por biofeedback, ele foi capaz de controlar o cursor da tela do computador, pensando sozinho. Pela primeira vez, um contato direto foi feito entre o cérebro humano e um computador.

A versão mais sofisticada dessa tecnologia foi desenvolvida na Universidade de Brown pelo neurocientista John Donoghue, que criou um BrainGate dispositivo chamado para ajudar pessoas que sofreram lesões cerebrais debilitantes a se comunicar. Ele criou uma sensação na mídia e até mesmo foi capa da revista Nature em 2006.

Donoghue me contou que seu sonho é fazer o BrainGate revolucionar a forma como lidamos com lesões cerebrais, aproveitando todo o poder da revolução da informação. Ela já teve um impacto tremendo na vida de seus pacientes, e ele tem grandes esperanças de promover esta tecnologia. Ele tem um interesse pessoal nesta pesquisa porque, quando criança, ele estava confinado a uma cadeira de rodas devido a uma doença degenerativa e, portanto, conhece o sentimento de desamparo.

Seus pacientes são vítimas de derrame que estão completamente paralisados e são incapazes de se comunicar com seus entes queridos, mas cujos cérebros estão ativos. Ele tem colocado um chip, á apenas quatro milímetros de largura, na parte superior do cérebro de uma vítima de AVC, na área que controla os movimentos do motor. Este chip é conectado a um computador que analisa e processa os sinais do cérebro e, eventualmente, envia a mensagem para um laptop.

Na primeira o paciente não tem controle sobre a localização do cursor, mas pode ver onde o cursor se move. Por tentativa e erro, o paciente aprende a controlar o cursor e, depois de várias horas, pode posicionar o cursor em qualquer lugar na tela. Com a prática, a vítima do derrame é capaz de ler e escrever e-mails e jogos de vídeo. Em princípio, uma pessoa paralisada deve ser capaz de desempenhar qualquer função que pode ser controlada pelo computador.

Inicialmente, Donoghue começou com quatro pacientes, dois que tiveram lesões na medula espinhal, um que tinha sofrido um acidente vascular cerebral, e um quarto que tinha ELA (esclerose lateral amiotrófica). Um deles, um tetraplégico paralisado do pescoço para baixo, levou apenas um dia para dominar o movimento do cursor com sua mente. Hoje, ele pode controlar uma TV, mover um cursor de computador, um jogo de vídeo, e ler e-mail. Os pacientes também podem controlar a sua mobilidade através da manipulação de uma motorizada cadeira de rodas.

No curto prazo, isto não é nada menos que um milagre para as pessoas que estão totalmente paralisadas. Um dia, eles estão presos, desarmados, em seus corpos, o próximo dia, eles estão a navegar na Web e conversar com pessoas ao redor do mundo. (Uma vez fui a uma recepção de gala no Lincoln Center em Nova Iorque, em honra do grande cosmólogo Stephen Hawking. Foi comovente vê-lo amarrado em uma cadeira de rodas, incapaz de mover qualquer coisa, mas alguns músculos faciais e suas pálpebras, com enfermeiras segurando a cabeça mole e empurrando-o ao redor. Ele demora horas e dias de esforço excruciante para comunicar ideias simples através de seu sintetizador de voz. Eu me perguntava se não era tarde demais para ele tirar proveito da tecnologia de BrainGate. Então, John Donoghue, que também estava na plateia, subiu para me cumprimentar. Assim, talvez o BrainGate seja a melhor opção de Hawking).

Outro grupo de cientistas da Universidade de Duke obtiveram resultados similares em macacos. Miguel Nicolelis e seu grupo colocaram um chip no cérebro de um macaco. O chip é conectado a um braço mecânico. No início, o macaco se agitava, sem entender como operar o braço mecânico. Mas com alguma prática, esses macacos, usando o poder de seus cérebros, e são capazes de controlar os movimentos lentamente do braço mecânico, por exemplo, movê-lo para que ele pegue uma banana. Eles podem mover esses braços instintivamente, sem pensar, como se o braço mecânico fosse seu. *"Há algumas evidências fisiológicas de que, durante o experimento eles se sentem mais conectados com os robôs do que com seus próprios corpos",* diz Nicolelis.

Isto também significa que vamos um dia ser capazes de controlar máquinas usando o pensamento puro. As pessoas que estão paralisadas poderão ser capazes de controlar pernas e braços mecânicos de dessa forma. Por exemplo, poderão ser capazes de conectar o cérebro de uma pessoa diretamente nas pernas e braços mecânicos, ignorando a medula espinhal, assim o paciente poderá voltar a andar. Além disso, este pode estabelecer as bases para controlar nosso mundo através do poder da mente.

Leitura da mente

Se o cérebro é capaz de controlar um braço mecânico ou computador, um computador pode ler os pensamentos de uma pessoa, sem a colocação de eletrodos dentro do cérebro? É conhecido desde 1875 que o cérebro se baseia em eletricidade, correndo através de seus neurônios, o que gera sinais elétricos fracos que podem ser medidos através da colocação de eletrodos em volta da cabeça de uma pessoa. Ao analisar os impulsos elétricos captados por estes eletrodos, podem-se gravar as ondas cerebrais. Isto é chamado de EEG (eletroencefalograma), que pode gravar alterações macroscópicas no cérebro, como quando ele está dormindo, e também o humor, como sente agitação, raiva, etc... As saídas do EEG podem ser exibidas em uma tela de computador, que o sujeito pode assistir. Depois de um tempo, a pessoa será capaz de

mover o cursor por pensar sozinho. Neste exato momento, Niels Birbaumer da Universidade de Tübingen tem sido capaz de formar pessoas parcialmente paralisadas do tipo simples realizando sentenças através deste método.

Mesmo os fabricantes de brinquedos estão se aproveitando disso. Uma série de empresas de brinquedos, incluindo NeuroSky, uma faixa de mercado com um eletrodo de EEG tipo no interior. Se você se concentrar em uma determinada maneira, você pode ativar o EEG na cabeça, que então controla o brinquedo. Por exemplo, você pode levantar uma bola de pingue-pongue dentro de um cilindro através do pensamento puro.

A vantagem do EEG é que ele pode detectar rapidamente várias frequências emitidas pelo cérebro, sem equipamentos, elaborados e caros. Mas uma grande desvantagem é que com o EEG não é possível localizar os pensamentos para locais específicos do cérebro. Um método muito mais sensível é o fMRI (ressonância magnética funcional) scan. Exames de EEG e fMRI diferem em aspectos importantes. Como o EEG scan é um dispositivo passivo que simplesmente capta os sinais elétricos do cérebro, por isso, não é possível determinar muito bem o local da fonte. Uma máquina de fMRI usa "ecos" criados por ondas de rádio para perscrutar dentro de tecidos vivos. Isso nos permite identificar a localização dos vários sinais, dando-nos espetaculares imagens em 3D de dentro do cérebro.

A máquina de fMRI é muito cara e exige um laboratório cheio de equipamentos pesados, mas já nos deu detalhes de como tirar o fôlego só de pensar as funções do cérebro. A fMRI permite aos cientistas localizar a presença de oxigênio contido dentro da hemoglobina no sangue. Desde a hemoglobina oxigenada contém a energia que alimenta a atividade celular, detectar o fluxo de oxigênio presente nos permite traçar o fluxo de pensamentos no cérebro. Josué Freedman, um psiquiatra da Universidade da Califórnia, em Los Angeles, diz: "É como ser um astrônomo do século XVI, após a invenção do telescópio. Por milênios, pessoas muito inteligentes tentaram dar sentido ao que estava acontecendo nos céus, mas eles poderiam apenas especular sobre o que estava além da visão humana sem ajuda. Então, de repente, uma nova tecnologia permite que eles vejam diretamente o que estava lá."

De fato, varreduras do fMRI podem até mesmo detectar o movimento de pensamentos no cérebro vivo a uma resolução de 0,1 milímetros, ou menor que a cabeça de um alfinete, que corresponde a, talvez alguns milhares de neurônios. Um fMRI pode, assim, gerar imagens tridimensionais do fluxo de energia dentro do cérebro do pensar com uma exatidão surpreendente. Eventualmente, as máquinas de fMRI podem ser construídas, que pode sondar o nível de neurônios individuais, caso em que um pode ser capaz de escolher o padrões neurais correspondentes aos pensamentos específicos.

A descoberta foi feita recentemente por Kendrick Kay e seus colegas da Universidade da Califórnia em Berkeley. Eles fizeram uma varredura do fMRI em pessoas como eles e olhavam fotos de uma variedade de objetos, tais como alimentos,

animais, pessoas e coisas comuns de várias cores. Kay e seus colegas criaram um programa de software que poderia associar esses objetos com os padrões correspondentes de fMRI. Os objetos mais estes temáticos vistos, e o melhor do programa de computador era identificar esses objetos em suas varreduras do fMRI.

Então, eles apresentaram os mesmos assuntos objetos inteiramente novos, e no programa de software foi muitas vezes capazes de combinar corretamente o objeto com o fMRI. Quando mostrou 120 fotos de objetos novos, o programa identificou corretamente o fMRI com esses objetos de 90 por cento do tempo. Quando os assuntos foram mostrados 1.000 novas imagens, a taxa de sucesso do software foi de 80 por cento.

Kay diz que é "possível identificar, a partir de um grande conjunto de imagens naturais completamente novas, que uma imagem específica que foi visto por um observador... Logo pode ser possível reconstruir uma imagem da experiência visual de uma pessoa a partir de medições da atividade cerebral individual." O objetivo desta abordagem é criar um "dicionário de pensamento", de modo que cada objeto tem uma correspondência de um-para-um para uma imagem de fMRI correta. Por leitura do padrão fMRI, pode-se então decifrar o objeto que a pessoa está pensando. Eventualmente, um computador fará a varredura de talvez milhares de padrões fMRI que vêm derramando de um cérebro pensante e decifrar cada um deles. Desta forma, a pessoa pode ser capaz de decodificar o stream de uma pessoa consciente.

Fotografando um sonho

O problema com essa técnica, porém, é que, embora possa ser capaz de dizer se você está pensando em um cachorro, por exemplo, não pode reproduzir a real imagem do próprio cachorro. Uma nova linha de investigação é tentar reconstruir a imagem precisa do que o cérebro está pensando, de forma que alguém poderia ser capaz de criar um vídeo de pensamentos de uma pessoa. Desta forma, pode-se ser capaz de fazer uma gravação de vídeo de um sonho.

Desde tempos imemoriais, as pessoas são fascinadas pelos sonhos, essas imagens efêmeras que às vezes são tão frustrantes de lembrar ou entender.

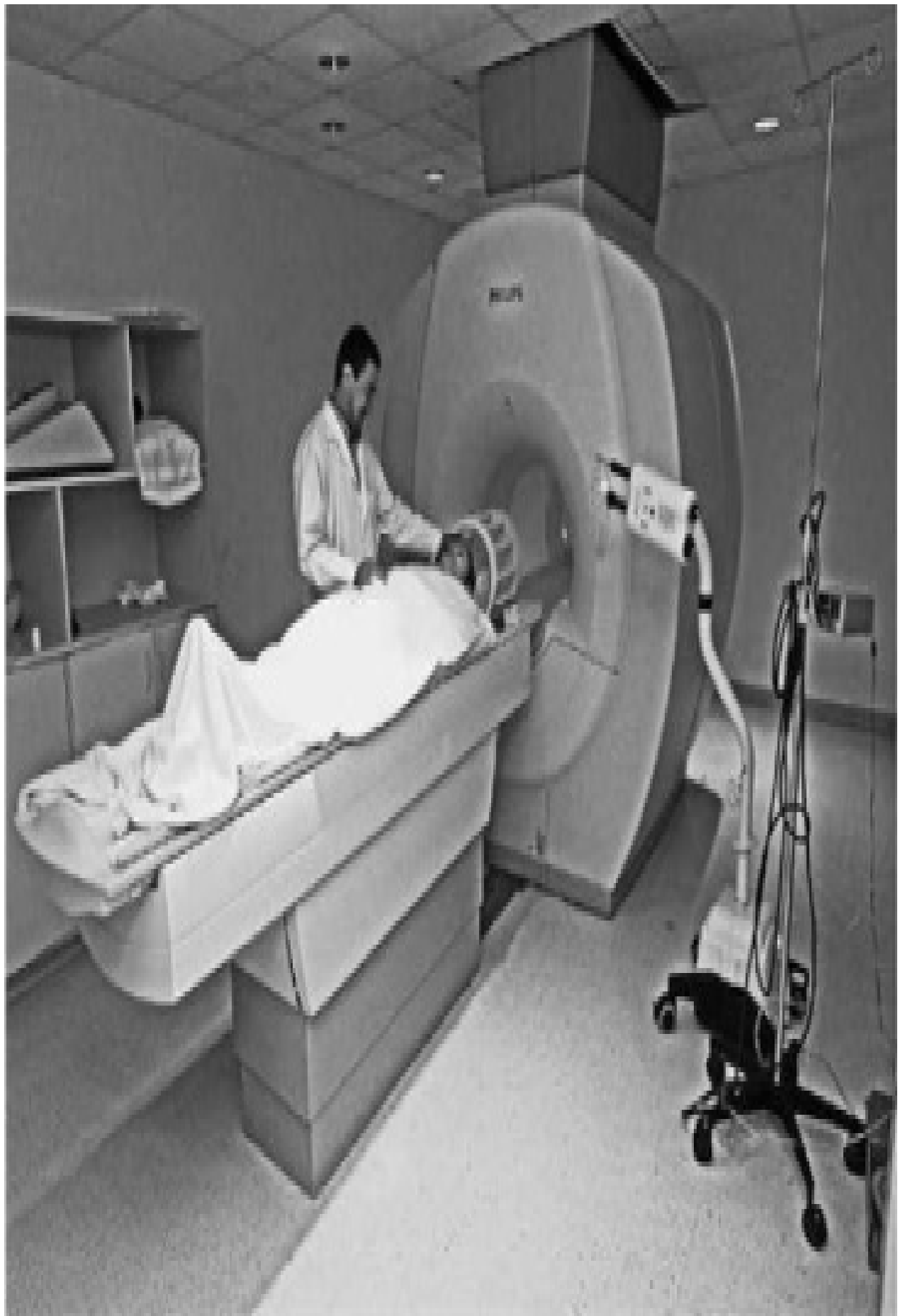
Hollywood tem há muito tempo, imaginado máquinas que possam um dia enviar sonhos através de pensamentos para o cérebro ou até mesmo gravá-los, como em filmes como Total Recall.

Tudo isso, entretanto, foi pura especulação. Foi, até recentemente. Os cientistas têm feito progressos notáveis em uma área que se pensava ser impossível: tirar um instantâneo de nossas memórias e, possivelmente, dos nossos sonhos. Os primeiros passos nesse sentido foram tomados por cientistas do Advanced Telecommunications

Research (ATR), Laboratório de Neurociência Computacional em Kyoto. Eles mostraram seus súditos num pontinho de luz em um determinado local. Então, eles usaram um fMRI para gravar onde o cérebro armazenava esta da informação. Eles se moviam para o pontinho de luz e gravado onde o cérebro armazenava esta nova imagem. Eventualmente, eles tinham um mapa onde ficavam um-por-um dos pontos onde as luzes ficavam armazenadas no cérebro. Estes pontos foram localizados em uma grade de 10 × 10.

Então, os cientistas passavam uma imagem de um objeto simples, feitas a partir desses pontos 10 × 10, como uma ferradura. Por computador poderiam, então, analisar como o cérebro armazenava a imagem. Certo o bastante, o padrão armazenado no cérebro foi à soma das imagens que compunham a ferradura. Desta forma, estes cientistas podem criar uma imagem de que o cérebro está vendo. Qualquer padrão de luzes sobre essa grade 10 × 10 podem ser decodificados por um computador olhando para as varreduras do cérebro do fMRI.

No futuro, os cientistas querem aumentar o número de pixels em sua grade 10 × 10. Além disso, eles afirmam que esse processo é universal, isto é, qualquer pensamento visual ou até mesmo o sonho deve ser capaz de ser detectado pela fMRI. Se for verdade, isso pode significar que seremos capazes de registrar, pela primeira vez na história, as imagens que estamos sonhando.

É claro, nossas imagens mentais e, especialmente, os nossos sonhos, nunca são cristais afiados, e sempre haverá certa imprecisão, mas o fato de que nós podermos olhar profundamente, o pensamento visual do cérebro de alguém é algo notável.

***Lendo os pensamentos via EEG (LEFt) e fMRI (à direita) varreduras. No FUTURO, esses eletrodos serão miniaturizados. Nós vamos ser capazes de ler pensamentos e também mover os objetos com um só tipo de comando, somente bastará pensar).**

Ética da leitura da mente

Isto coloca um problema: O que acontece se podemos rotineiramente ler os pensamentos das pessoas? O premio Nobel, David Baltimore, ex-presidente do California Institute of Technology (Caltech), se preocupa com este problema. Ele escreve: "Podemos bater os pensamentos dos outros?... Eu não acho que isso seja pura ficção científica, mas criaria um inferno no mundo. Imagine cortejar um companheiro, se seus pensamentos pudessem ser lidos, ou negociar um contrato, se os seus pensamentos pudessem ser lido".

Na maioria das vezes, ele especula que a leitura da mente terá algumas consequências constrangedoras, mas não desastrosas. Ele escreve: "Disseram-me que se você parar uma palestra do professor no meio do caminho... uma fração significativa dos pensamentos [dos alunos] estará envolvida em fantasias eróticas.

Mas talvez a leitura da mente não se torne uma questão de privacidade, já que a maioria de nossos pensamentos não é tão bem definida. Fotografando nossos sonhos e se os sonhos pudessem um dia se tornar possíveis, mas podemos ficar desapontados com a qualidade das imagens. Anos atrás, eu me lembro de ter lido um conto em que um o gênio disse a um homem que ele poderia ter qualquer coisa que ele pudesse imaginar. Imediatamente imaginei itens caros e luxuosos, como limusines, milhões de dólares em dinheiro, e um castelo. Então o gênio materializou-os na frente dele instantaneamente. Mas quando o homem examinou-as com cuidado, ele ficaram chocado que a limusine não tinha maçanetas ou motor, os rostos nos contos estavam borrados, e o castelo estava vazio. Em sua corrida para imaginar todos esses itens, ele se esqueceu de que essas imagens existem em sua imaginação apenas como ideias gerais.

Além disso, é duvidoso que você pode ler a mente de alguém à distância. Todos os métodos estudados até agora (incluindo EEG, ressonância magnética, e eletrodos de o próprio cérebro) exigem um estreito contato com o assunto. No entanto, as leis podem, eventualmente, serem passadas para limitar a leitura de mentes não autorizadas. Além disso, os dispositivos poderão ser criados para proteger os nossos pensamentos por interferência, bloqueio, ou embaralhar nossos sinais elétricos.

A leitura da mente verdadeira está ainda á muitas décadas de distância. Mas pelo menos, um equipamento de ressonância magnética pode funcionar como um detector de mentiras primitivo. Dizer uma mentira causa mais acendimento de luz nos centros do cérebro do que dizer a verdade. Dizer uma mentira implica que você sabe a verdade, mas estão pensando na mentira e suas consequências inumeráveis, o que exige muito mais energia do que dizer a verdade. Portanto, o cérebro fMRI deverão ser capazes de detectar esta despesa extra de energia. Atualmente, a comunidade científica tem algumas reservas quanto a permitir que os detectores de mentiras fMRI deem a última palavra, especialmente nos casos em tribunal. A tecnologia ainda é muito nova

para fornecer um método de detecção de mentira infalível. Outras pesquisas, dizem os seus promotores, irá refinar a sua precisão. Esta tecnologia está aqui para ficar.

Já existem duas empresas comerciais que oferecem detectores de mentira fMRI, reivindicando uma maior taxa de sucesso de 90 por cento. Num tribunal na Índia já houve casos de utilização de um fMRI para resolver um caso, e vários envolvendo fMRI estão agora nos tribunais dos EUA. Os detectores de mentira ordinária não medem mentiras, elas medem apenas sinais de tensão, tais como aumento da sudorese (medido pela análise da condutividade da pele) e aumento da frequência cardíaca. As varreduras do cérebro mediram a atividade cerebral aumentada, mas a correlação entre este e a mentira ainda tem de ser comprovada de forma conclusiva num tribunal de direito. Pode levar anos de testes cuidadosos para explorar os limites e precisão de detecção de mentiras através do fMRI. Entretanto, a Fundação MacArthur deu recentemente uma concessão $10 milhões para o Projeto de Lei e da neurociência para determinar como a neurociência vai afetar a lei.

Meu fMRI Brain Scan

Uma vez eu tive meu próprio cérebro digitalizado por uma máquina de ressonância magnética. Para a Discovery Channel o documentário da BBC, eu voei para a Duke University, onde eles me colocaram em uma maca, que foi então inserida em um cilindro de metal gigantesco. Quando um poderoso ímã enorme foi ligado (20.000 vezes o campo magnético da Terra), os átomos do meu cérebro estavam alinhados com o campo magnético, como piões cujos eixos apontam no mesmo sentido. Em seguida, um pulso de rádio foi enviado para o meu cérebro, que capotou alguns dos núcleos dos átomos de minha cabeça para baixo. Quando os núcleos eventualmente viraram de volta ao normal, eles emitiram um pequeno pulso, ou "eco", que pode ser detectado pela máquina de fMRI. Ao analisar esses ecos, os computadores poderão processar os sinais, em seguida, montar um mapa 3D do interior meu cérebro.

Todo o processo foi totalmente indolor e inofensivo. A radiação enviada para o meu corpo era não ionizante e não poderia causar danos as minhas células rasgando os átomos. Mesmo suspenso em um campo magnético milhares de vezes mais forte que a da Terra, eu não conseguia detectar a menor mudança no meu corpo.

O propósito do meu ser no FMRI foi determinar precisamente onde, em certos pensamentos do meu cérebro estavam sendo moldados. Em particular, há um pequeno "relógio biológico" dentro de seu cérebro, apenas entre os seus olhos, por trás de seu nariz, onde o cérebro calcula segundos e minutos. Danos a essa parte delicada do cérebro provoca uma sensação distorcida do tempo. Enquanto dentro do scanner, fui convidado para medir a passagem dos segundos e minutos. Mais tarde, quando as imagens do fMRI foram desenvolvidas, pude claramente ver que havia um ponto brilhante logo atrás do meu nariz, como eu estava contando os segundos. Eu percebi que eu estava testemunhando o nascimento de um espaço inteiramente novo de biologia: rastrear a localização precisa no cérebro associada com certos pensamentos, uma forma de leitura da mente.

Tricorders e scanners de cérebro portáteis

No futuro, o aparelho de ressonância magnética não precisa ser o dispositivo monstruoso encontrados nos hospitais hoje em dia, pesando várias toneladas e ocupando uma sala inteira. Poderão ser tão pequenos quanto um telefone celular, nem custar um centavo. Em 1993, Bernhard Blümich e seus colegas, quando eles estavam no Instituto Max Planck para Investigação de Polímeros em Mainz, Alemanha, bateu em cima de um romance a ideia de que poderia criar minúsculas máquinas de ressonância

magnética. Eles construíram uma nova máquina, chamada MRI-MOUSE (explorador de superfície celular universal), atualmente cerca de um metro de altura, que poderiam ser um dia nos dar aparelhos de ressonância magnéticos, que são do tamanho de uma xícara de café e vendidos em lojas de departamento. Isso pode revolucionar a medicina, uma vez que um seria capaz de realizar exames de ressonância magnética na privacidade do lar. Blümich prevê um tempo, não muito distante, quando uma pessoa seria capaz de passar sua RM-MOUSE pessoal sobre sua pele e olhar dentro de seu corpo a qualquer hora do dia. Computadores iriam analisar a imagem e diagnosticar problemas. "Talvez algo como a ideia do tricorder do *Star Trek* não fique tão longe, afinal," ele concluiu. (MRI funcionam com um princípio semelhante à agulha da bússola. O pólo norte da agulha da bússola se alinha de imediato para o campo magnético. Assim, quando o corpo é colocado em um aparelho de ressonância magnética, os núcleos dos átomos, como agulhas de bússola, alinhar ao campo magnético. Agora, um pulso de rádio é enviado para dentro do corpo que faz a cabeça núcleos flip down. Eventualmente, os núcleos viram de volta para sua posição original, que emite um pulso de rádio segundo ou "eco").

A chave para a sua mini máquina de ressonância magnética é o seu campo magnético não uniforme. Normalmente, a razão que o aparelho de ressonância magnética de hoje é tão volumoso é porque você precisa colocar o corpo em um campo extremamente magnetizado e uniforme. Quanto maior a uniformidade do campo, mais detalhada será a imagem resultante, que hoje pode resolver funções até um décimo de milímetro. Para obter esses campos magnéticos uniformes, os físicos começam com duas grandes bobinas de arame, de cerca de dois metros de diâmetro, empilhados em cima uns dos outros. Isso é chamado de uma bobina de Helmholtz, e fornece um campo magnético uniforme no espaço entre as duas bobinas. O corpo humano é então colocado ao longo do eixo dos dois grandes ímãs. Mas se você usar campos magnéticos não uniformes, a imagem resultante ficará distorcida e inútil. Este tem sido o problema com aparelhos de ressonância magnética em muitas décadas. Mas Blümich tropeçou em uma maneira inteligente para compensar esta distorção enviando pulsos de rádio múltiplos na amostra e, em seguida, detectando o resultando ecos. Em seguida, os computadores são usados para analisar estes ecos e compensar a distorção criada por campos magnéticos não uniformes. Hoje, uma máquina de MRI Blümich-MOUSE portátil usa um pequeno ímã em forma de U, que produz um polo norte e um polo sul em cada extremidade da U. Este ímã é colocado em cima do paciente, e movendo-se o ímã, pode-se ver vários centímetros abaixo da pele. Ao contrário das máquinas padrão de ressonância magnética, que consomem grandes quantidades de energia e tem que ter tomadas especiais de energia elétrica, a RM-MOUSE utiliza apenas a eletricidade que uma simples lâmpada utiliza.

Em alguns de seus primeiros testes, Blümich colocou a ressonância magnética do mouse em cima dos pneus de borracha, que são suaves como o tecido humano. Isto

poderia ter uma imediata aplicação comercial: uma varredura rápida de defeitos em produtos. Máquinas convencionais de ressonância magnética não poderiam ser utilizadas em objetos que contenham metal, como aço e pneus radiais. A RM-MOUSE, porque usa apenas campos magnéticos fracos, não tem essa limitação. (Os campos magnéticos de uma máquina MRI convencional são 20.000 vezes mais potente que o campo magnético da Terra. Muitos enfermeiros e técnicos têm sido gravemente feridos quando o campo magnético está ligado e, em seguida, as ferramentas de metal, de repente vêm voando para eles. A RM-MOUSE não tem esse problema).

Não só isto é ideal para analisar objetos que possuem metais ferrosos em si, ela também pode analisar os objetos que são demasiado grandes para caber dentro de uma máquina MRI convencional ou não podem ser removidos de seus locais. Por exemplo, em 2006, o RM-MOUSE sucesso na produção de imagens do interior de Ötzi um sorveteiro, seu corpo congelado foi encontrado nos Alpes em 1991. Ao mover o ímã em forma de U sobre Ötzi, foi capaz de descascar, sucessivamente, as várias camadas de seu corpo congelado.

No futuro, a ressonância magnética do mouse poderá ser miniaturizada ainda mais, permitindo uma ressonância magnética do cérebro usando algo do tamanho de um telefone celular. Em seguida, escanear o cérebro e ler os pensamentos não podem ser um problema. Eventualmente, a ressonância magnética pode ser tão fina quanto uma moeda de dez centavos, quase imperceptível. Pode mesmo se parecer com o EEG menos poderoso, onde você coloca uma touca de plástico com vários eletrodos ligados sobre sua cabeça. (Se você colocar esses discos portáteis de ressonância magnética na ponta dos dedos e, em seguida, colocá-los na cabeça de uma pessoa, esta seria semelhante realizando a mente fusão de Vulcan de *Star Trek*).

Telecinese e o poder dos Deuses

O desfecho dessa progressão é alcançar a telecinese, o poder dos deuses da mitologia para mover objetos pelo pensamento puro. No filme Star Wars, por exemplo, a Força é um campo misterioso que permeia a galáxia e libera os poderes mentais dos cavaleiros Jedi, o que lhes permite controlar objetos com a mente. Sabres, pistolas de raios, e até mesmo naves espaciais inteiras poderiam levitar usando o poder da Força e de controlar as ações dos outros. Mas não vamos precisar ter que viajar para uma galáxia muito, muito distante para aproveitar esse poder. Em 2100, quando entramos em uma sala, nós seremos capazes de controlar mentalmente um computador que por sua vez, irá controlar as coisas à nossa volta. Mover móveis pesados, reorganizando a nossa mesa, fazendo reparos, etc., pode ser possível pensar nisso.

Isso poderia ser bastante útil para os pesquisadores, os bombeiros, os astronautas, e os soldados que têm de operar máquinas que exijam mais de duas mãos.

Eles também poderão mudar a maneira como interagimos com o mundo. Seríamos capazes de andar de bicicleta, dirigir um carro, jogar golfe ou beisebol ou jogos elaborados apenas pensando neles. Os objetos em movimento pelo pensamento poderão tornar-se possíveis através da exploração de algo chamado supercondutores, que vamos explicar mais detalhadamente no Capítulo 4.

Até o final deste século, os físicos podem ser capazes de criar supercondutores que poderão operar em temperatura ambiente, permitindo-nos criar enormes campos magnéticos que requerem pouca energia. Da mesma forma que o século XX foi à era da eletricidade, o futuro pode trazer-nos à temperatura ambiente de supercondutores que nos darão a idade do magnetismo. Poderosos campos magnéticos são atualmente caros para criar, mas poderão tornar-se quase de graça no futuro. Isso nos permitirá reduzir a fricção em nossos trens e caminhões, revolucionando o transporte, e eliminar as perdas na transmissão de energia elétrica. Isso também nos permitirá mover objetos pelo pensamento puro. Como pequenos *supermagnetos* colocados dentro de objetos diferentes, seremos capazes de movê-los quase à vontade. Num futuro próximo, vamos assumir que tudo tem um minúsculo chip nela, tornando-o inteligente.

Em um futuro distante, vamos assumir que tudo tem um pequeno supercondutor no seu interior que pode gerar explosões de energia magnética, o suficiente para movê-lo através de um quarto. Suponha, por exemplo, que uma mesa tem um supercondutor nela. Normalmente, este supercondutor não carrega nenhuma corrente. Mas quando uma pequena corrente elétrica é adicionada, ele pode criar um poderoso campo magnético, capaz de enviá-lo através do quarto. Ao pensar, devemos ser capazes de ativar o supermagneto incorporado dentro de um objeto e, assim, fazer o movimento.

Nos filmes dos X-Men, por exemplo, os mutantes do mal são liderados por Magneto, que pode mover objetos enormes manipulando suas propriedades magnéticas. Numa cena, ele ainda move a Ponte Golden Gate, através do poder da sua mente. Mas há limites a esse poder. Por exemplo, é difícil passar um objeto como o plástico ou papel que não tem propriedades magnéticas. (No final do filme X-Men, em primeiro lugar, Magneto é confinado em uma prisão feita completamente de plástico).

No futuro, os supercondutores a temperatura ambiente, poderão estar escondidos dentro de itens comuns, mesmo os não magnéticos. Se a corrente está ligada no objeto, ele vai se tornar magnético e, portanto, ela pode ser movida por um campo magnético externo, que é controlado por seus pensamentos. Teremos também o poder de manipular os robôs e avatares pelo pensamento. Isso significa que, como nos filmes *Os Substitutos* e *Avatar*, poderemos ser capazes de controlar os movimentos dos nossos substitutos e ainda sentir dor e pressão. Isso pode ser útil se precisamos de um corpo sobre-humano para fazer reparos no exterior do espaço ou no resgate de pessoas em situações de emergência. Talvez um dia, nossos astronautas poderão estar seguros na terra, controlando super-corpos robóticos como eles se movem na lua. Vamos discutir

isso mais no próximo capítulo. Devemos também ressaltar que a posse desse poder telecinético não é isenta de riscos.

Como mencionei antes, no filme Planeta Proibido, uma antiga civilização de milhões de anos à frente da nossa, atinge o seu maior sonho, a capacidade de controlar qualquer coisa com o poder de suas mentes. Como um exemplo trivial de sua tecnologia, criaram uma máquina capaz de transformar seus pensamentos em uma imagem 3D. Você coloca o aparelho em sua cabeça, imagina algo, e um 3D imagem materializa dentro da máquina. Embora este dispositivo parecesse incrivelmente avançada para o público de cinema na década de 1950, este dispositivo estará disponível nas próximas décadas. Além disso, no filme, havia um dispositivo que atrelada a sua energia mental para levantar um objeto pesado. Mas, como sabemos, não tem que esperar milhares de anos porque esta tecnologia já existe, sob a forma de um brinquedo. Você coloca EEG eletrodos em sua cabeça, o brinquedo detecta os impulsos elétricos de seu cérebro, e então levanta um objeto minúsculo, exatamente como no filme. No futuro, muitos jogos serão disputados pelo pensamento puro. As equipes poderão estar mentalmente com fios de modo que eles podem mover uma bola só de pensar nela, e a equipe que melhor mentalmente mover a bola, ganha.

O clímax do filme *Planeta Proibido* pode nos dar uma pausa. Apesar da vastidão de sua tecnologia, os alienígenas morreram porque não conseguiram perceber um defeito em seus planos. Suas máquinas poderosas não colidiram apenas com os seus pensamentos conscientes, mas também em seus desejos subconscientes. O pensamento selvagem, os pensamentos de seu violento passado, antigos e evolutivos voltaram à vida, e as máquinas pegaram cada pesadelo, materializaram o subconsciente e os transformavam em realidade. Na véspera de atingir a sua maior criação, essa poderosa civilização foi destruída pela alta tecnologia que esperavam que os libertassem da instrumentalidade.

Para nós, porém, esta ainda é uma ameaça distante. Um dispositivo de tal magnitude não estará disponível até o século XXII. No entanto, estamos diante de mais uma preocupação imediata. Em 2100, viveremos em um mundo povoado por robôs, que têm características humanoides. O que acontece se eles se tornarem mais inteligentes do que nós?

Se os robôs herdarão a terra? Sim, mas eles serão nossos filhos. - Marvin Minsky

Capítulo 2

Futuro da IA: Ascensão das máquinas

Os deuses da mitologia, com seu poder divino podiam animar o inanimado. Segundo a Bíblia, em Gênesis, capítulo 2, Deus criou o homem do pó, e depois "soprou em suas narinas o fôlego da vida, e o homem passou a ser alma vivente." Segundo a mitologia grega e romana, a deusa Vênus podia fazer estátuas ganhar vida. Vênus, tendo pena de Pigmalião o artista quando ele se apaixonou perdidamente por uma de suas estátuas, concedeu o seu maior desejo e transformou a estátua em uma linda mulher, Galatea. O deus Vulcano, o ferreiro dos deuses, podia até mesmo criar um exército de servos de metal mecânicos que ele trouxe á vida.

Hoje, somos como Vulcano, forjando em nossas máquinas de laboratórios que a vida não veio do pó, mas do aço e do silício. Mas será para libertar a raça humana ou para escravizá-la? Se alguém lê as manchetes de hoje, parece que a questão já está resolvida: a raça humana está prestes a ser rapidamente ultrapassada pela nossa própria criação.

O fim da humanidade?

A manchete do New York Times disse tudo: *"Os cientistas se preocupam, as máquinas poderão superar o próprio homem."*

Líderes do mundo em inteligência artificial (IA) apresentaram reunidos na conferência de Asilomar na Califórnia em 2009 e solenemente discutiram o que acontecerá quando as máquinas finalmente assumirem o controle. Como em uma cena de um filme de Hollywood, os delegados fizeram perguntas de sondagem, tais como, *"O que aconteceria se um robô se tornasse tão inteligente quanto seu cônjuge?"* Como provas irrefutáveis da revolução robótica, as pessoas apontavam para o avião Predator, um avião-robô sem piloto que está agora orientando os terroristas com precisão mortal no Afeganistão e Paquistão, os carros que podem dirigir sozinhos, e ASIMO, o robô mais avançado do mundo que pode caminhar correr, subir escadas, dançar e até mesmo servir café.

Eric Horvitz da Microsoft, uma dos organizadores da conferência, destacando a emoção surgindo através da conferência, disse: *"Os tecnólogos estão fornecendo*

visões quase religiosas, e suas ideias estão ressoando em alguns aspectos com a mesma ideia do arrebatamento." * (O Arrebatamento é quando os verdadeiros crentes ascenderão ao céu na Segunda Vinda de Jesus Cristo. Os críticos apelidaram o espírito da conferência de Asilomar "o arrebatamento dos nerds").

Naquele mesmo verão, os filmes que dominavam a tela de prata pareciam ampliar este quadro apocalíptico. Em *Terminator Salvation*, mostra um bando de humanos numa grande batalha contra monstros mecânicos que tomaram conta da terra. Em *Transformers*: *Revenge of the Fallen*, os robôs futuristas do espaço usam seres humanos como peões para a batalha de suas guerras interestelares. Em *Os Substitutos*, as pessoas preferem viver suas vidas tão perfeitas, bonitas, robôs super-humanos, ao invés de enfrentar a realidade de seu próprio envelhecimento, e dos corpos em decomposição. A julgar pelas manchetes e as marquises de teatro, parece que o último suspiro para o ser humano está no virar da esquina. Os especialistas em IA estão perguntando solenemente: *"Será que um dia teremos que dançar atrás das grades quando as nossas criações, os robôs, jogarem amendoim para nós, igual fazemos com os ursos no zoológico?"*. Ou será que nos tornaremos animais de estimação das nossas criações?

Mas depois de um exame mais detalhado, há menos do que os olhos. Certamente, avanços enormes foram feitos na última década, mas talvez as coisas precisem ser postas em perspectiva. O *Predador*, um zangão * (aeronave) de 27 pés que dispara mísseis mortais do céu contra os terroristas, é controlado por um humano com um joystick. Um ser humano, provavelmente um jovem veterano dos videogames, senta-se confortavelmente atrás de uma tela de computador e escolhe os alvos. O ser humano, não o *Predator*, está chamando os tiros. E o carros que dirigem sozinhos não tomam decisões independentes, fazendo a varredura do horizonte e virando o volante, pois eles estão seguindo um mapa do GPS armazenados em sua memória. Então, o pesadelo dos robôs totalmente autônomos, conscientes, e assassinos ainda serão coisas de um futuro distante.

Não surpreendentemente, embora os meios de comunicação sensacionalistas algumas das previsões mais sensacionais feitas na conferência de Asilomar, a maioria dos cientistas que trabalham fazendo a pesquisa no dia-a-dia em inteligência artificial eram muito mais reservadas e cautelosas. Quando foi perguntado quando é que as máquinas se tornarão tão inteligente como nós, os cientistas tiveram uma surpreendente variedade de respostas, variando de 20 a 1.000 anos.

Portanto, temos de diferenciar dois tipos de robôs. A primeira é controlada remotamente por um humano ou fita programada e um pré-roteiro como um gravador seguindo instruções precisas. Esses robôs já existem e geram manchetes. Eles estão aos poucos entrando em nossa casa e também no campo de batalha. Mas, sem um ser humano na tomada de decisões, elas são largamente pedaços inúteis de lixo. Então, esses robôs não devem ser confundidos com o segundo tipo, que são verdadeiramente

autônomos, do tipo que podem pensar por si e não requerem nenhuma entrada de humanos. São estes robôs autônomos que escapavam aos cientistas durante o último meio século.

O Robô Asimo

Os pesquisadores de IA muitas vezes apontam para o robô ASIMO da Honda, chamada (Advanced Step in Innovative Mobility), como uma demonstração gráfica dos avanços revolucionários em robótica. Ele tem 4 metros de 3 polegadas de altura, pesa 119 £, e se assemelha a um rapaz com um capacete preto com viseira e uma mochila. ASIMO, de fato, é notável: ele pode realmente caminhar, correr, subir escadas, e conversar. Pode passear quartos, pegar copos e bandejas, responder a alguns comandos simples, e até mesmo reconhecer rostos. Ele ainda tem um vasto vocabulário e pode falar em línguas diferentes. ASIMO é o resultado de vinte anos de intenso trabalho por dezenas de cientistas da Honda, que produziram esta maravilha da engenharia. Em duas ocasiões distintas, eu tive o privilégio de conhecer pessoalmente a interação com o ASIMO em conferências, quando estive em hospedagens especiais cientificas para a BBC / Discovery. Quando apertei sua mão, ele respondeu de uma forma totalmente humanoide.

Quando eu acenei para ele, ele acenou de volta. E quando eu pedi para me buscar um suco, ele se virou e caminhou em direção à mesa de abastecimento com movimentos assustadoramente humanos. Na verdade, o ASIMO é tão natural que, quando ele falou, eu meio que esperei que o robô fosse tirar seu capacete e revelar o rapaz que estava escondido dentro. Ele poderia até dançar melhor do que eu. À primeira vista, parece como se ASIMO fosse inteligente, capaz de responder aos comandos humanos, mantendo uma conversa, e andando perto de um quarto. Na verdade, a realidade é bem diferente. Quando eu interagia com o ASIMO em frente à câmera de TV, cada movimento, cada nuance foi cuidadosamente planejado. Na verdade, ele tomou cerca de três horas para filmar uma cena simples de cinco minutos com o ASIMO. E o mesmo, exigiu uma equipe de programadores do ASIMO que estavam furiosamente reprogramando o robô em seus laptops depois que filmamos todas as cenas. Embora as conversas de ASIMO com você em diferentes línguas, na verdade seja um gravador de fita gravada que joga mensagens. Ele simplesmente age feito um papagaio dizendo o que está sendo programado por um ser humano. Embora ASIMO se torne mais sofisticado a cada ano, é incapaz de pensamentos independentes. Cada palavra, cada gesto, cada passo tem de ser cuidadosamente ensaiado pelos programadores de ASIMO.

Depois, tive uma conversa franca com um dos inventores do ASIMO, e ele admitiu que o ASIMO, apesar de seus movimentos extraordinariamente humanoides e ações, tem a inteligência de um inseto. As maiorias de seus movimentos têm de ser cuidadosamente programado antes do tempo. Ele pode andar em uma maneira totalmente realista, mas o caminho tem de ser cuidadosamente programado, ou ele vai tropeçar nos móveis, pois ele não pode realmente reconhecer objetos ao redor da sala. Em comparação, até mesmo uma barata pode reconhecer objetos, correm em torno dos obstáculos, olham para o alimento e para as suas companheiras, escapam de predadores, a fuga a trama complexa das rotas, e se escondem entre as sombras, e desaparecem nas rachaduras, tudo numa questão de segundos.

O pesquisador de IA Thomas Dean, da Universidade Brown admitiu que os robôs desajeitados que ele está construindo estão *"apenas na fase em que eles são robustos o suficiente para caminhar pelo corredor sem colidir e deixar goivas enormes no gesso"*.

Como veremos adiante, no momento os nossos computadores mais poderosos mal podem simular os neurônios de um rato, e mesmo assim somente por alguns segundos. Vai demorar muitas décadas de trabalho duro antes de robôs se tornarem tão espertos quanto um rato, cão, coelho ou gato, e, em seguida, avançar para um macaco.

História da IA

Os críticos, por vezes, apontam para um padrão, que durante todos os 30 anos, de pratica com a IA com a alegação de que os robôs superinteligentes estão logo aí, na próxima esquina.

Na década de 1950, quando os computadores eletrônicos foram introduzidos pela primeira vez após a II Guerra Mundial, os cientistas deslumbraram o público com a noção de máquinas que poderiam realizar feitos milagrosos: como pegar blocos, jogar damas, e até mesmo resolver problemas de álgebra. Era como se realmente máquinas inteligentes estivessem apenas logo ali na próxima esquina. O público ficou impressionado, e logo havia artigos de revistas dando fôlego, tentando prever o momento em que um robô estaria na cozinha, cozinhando o jantar, ou limpando a casa. Em 1965, o pioneiro da IA, Herbert Simon declarou: *"As máquinas serão capazes, no prazo de 20 anos, de fazer qualquer trabalho que um homem pode fazer". "Mas, então, definir a realidade dentro de máquinas de jogar xadrez não poderia vencer um especialista humano, as máquinas só podem jogar xadrez, nada mais*".

Estes robôs no início eram como um poney prodígio, realizando apenas uma tarefa simples. De fato, na década de 50, os avanços reais foram feitos em IA, mas porque o progresso eram muito exagerados e exagerados. Em 1974, sob um coro de críticas crescentes, os EUA e a Grã-Bretanha cortaram o financiamento. O primeiro inverno da IA era definido. Hoje, o pesquisador de IA ,Paulo Abrahams, balança a cabeça quando ele olha para aqueles velhos tempos na década de 1950, quando ele era um estudante graduado no MIT e tudo parecia possível. Ele lembrou: *"É como se um grupo de pessoas que tinha proposto a construção de uma torre até a lua. Todos os anos, eles apontam com orgulho em quanto maior a torre fica, do que no ano anterior. O único problema é que a lua não está ficando mais perto."* Na década de 1980, o entusiasmo pelo IA atingiu o pico mais uma vez. Desta vez, o Pentágono investiu milhões de dólares em projetos como o caminhão inteligente, que foi feito supostamente para viajar atrás das linhas inimigas, fazer o reconhecimento, as tropas de resgate dos EUA, e voltar para a base, sozinho. O governo japonês ainda coloca todo o seu peso por trás do ambicioso *Projeto Quinta Geração de Computadores de Sistemas*, promovido pelo Ministério Japonês do Comércio Internacional e da Indústria. A meta do Projeto Quinta Geração era, entre outros, ter um sistema de computador que pudesse falar a linguagem coloquial, em plena capacidade de raciocínio e até mesmo antecipar o que nós queremos dizer, tudo isso na década de 1990.

Infelizmente, a única coisa inteligente que o caminhão fazia era se perder. E o Projeto Quinta Geração, depois de muito alarde, foi silenciosamente abandonado sem nenhuma explicação. Mais uma vez, a retórica ultrapassou de longe a realidade. Na verdade, houveram ganhos reais feitos em IA na década de 1980, mas porque o progresso foi mais uma vez exagerado, em conjunto, criando o segundo inverno da IA,

na qual novamente as fontes de financiamento secaram e desiludindo as pessoas que deixaram o campo em massa. E tornou-se dolorosamente claro que algo estava faltando.

Em 1992, pesquisadores de inteligência artificial têm sentimentos mistos, segurando uma celebração especial em homenagem ao filme de 2001, em que um computador chamado HAL 9000 funciona e mata a tripulação de uma nave espacial. O filme, filmado em 1968, previu que até 1992 haveria robôs que poderiam livremente conversar com qualquer humano em quase qualquer assunto e que também comandaria uma nave espacial. Infelizmente, ficou dolorosamente claro que os robôs mais avançados tinham dificuldade em conseguir a inteligência de um inseto.

Em 1997, o Deep Blue da IBM realizou um avanço histórico decisivo batendo o campeão mundial de xadrez Gary Kasparov. Deep Blue era uma maravilha da engenharia, realizando um cálculo de 11.000 milhões de operações por segundo. No entanto, em vez de abrir as comportas da pesquisa da inteligência artificial, inaugurando uma nova era, que fez precisamente o contrário. Ele destacou apenas o primitivismo da pesquisa de IA. Após reflexão, era óbvio para muitos que o Deep Blue não conseguia pensar. Foi soberbo no xadrez, mas com o escore 0 em um exame de QI. Após esta vitória, foi o perdedor, Kasparov, que falou tudo para a imprensa, uma vez que o Deep Blue não podia falar nada. A contragosto, os pesquisadores de IA começaram a apreciar o fato de um poder computacional tão bruto não ser igual à inteligência. O pesquisador de IA Richard Heckler diz: *"Hoje, você pode-se comprar programas de xadrez com 49 dólares sabendo que vai vencer todos os campeões do mundo, mas ninguém pensa que eles são inteligentes."* Mas com a lei de Moore expelindo novas gerações de computadores a cada dezoito meses, mais cedo ou mais tarde, o pessimismo da era da geração passada pode ser progressivamente esquecida, e uma nova geração de entusiastas brilhantes vai assumir, a criação de renovado otimismo e energia neste campo, mais uma vez dormente. Trinta anos depois do inverno passado da IA, em conjunto, os computadores avançaram o suficiente para que as novas gerações de pesquisadores em inteligência artificial estivessem novamente fazendo previsões esperançosas sobre o futuro. A hora finalmente chegou para a IA, dizem seus defensores. Desta vez, isso é real. Em terceiro plano é o amuleto da sorte. Mas se eles estão certos, são seres humanos que em breve se tornariam obsoletos?

O cérebro é um computador digital?

Um problema fundamental, como matemático que agora percebo, é que fizeram um erro crucial de cinquenta anos atrás no pensamento do cérebro como se fosse semelhante a um grande computador digital. Mas agora é dolorosamente óbvio que ele não é. O cérebro não tem chip Pentium, nenhum sistema operacional Windows, nenhum

software de aplicação, não tem uma CPU, nenhuma programação, e não há sub-rotinas que tipificam um moderno computador digital. De fato, a arquitetura dos computadores digitais é bastante diferente da do cérebro, que é uma máquina de aprendizagem de alguma sorte, uma coleção de neurônios que constantemente religam-se cada vez que ele aprende uma tarefa; (um PC, no entanto, não aprende nada. Seu computador é tão idiota hoje como era ontem.) Portanto, há pelo menos duas abordagens para a modelagem do cérebro. A primeira, a abordagem tradicional de cima para baixo, é tratar os robôs como computadores digitais, e o programa de todas as regras da inteligência desde o início. Um computador digital, por sua vez, pode ser dividido em algo chamado de máquina de Turing, um dispositivo hipotético introduzido pelo grande matemático britânico Alan Turing. Uma máquina de Turing consiste em três componentes básicos: uma entrada, uma central processadora que digere os dados, e uma saída. Todos os computadores digitais são baseados neste modelo simples. O objetivo desta abordagem é ter um CD-ROM que tem todas as regras da inteligência codificada nele. Ao inserir o disco, o computador de repente ganha vida e se torna inteligente. Portanto, este mítico CDROM contém todo o software necessário para criar máquinas inteligentes.

No entanto, o nosso cérebro não tem nenhuma programação ou software em geral. Nosso cérebro é mais como uma "rede neural", uma mistura complexa de neurônios que constantemente religam-se. As redes neurais seguem a regra de Hebb: "*Toda vez que uma decisão correta é feita, os caminhos neurais são reforçados."* Ele faz isso simplesmente mudando a força de certas conexões elétricas entre os neurônios de cada vez que executa uma tarefa com sucesso. (Regra de Hebb pode ser expressa pela velha questão: Como é que um músico chega ao topo do Carnegie Hall? Resposta: prática, prática, prática. Para uma rede neural, a prática leva á perfeição. A regra de Hebb também explica porque os maus hábitos são tão difíceis de quebrar, pois o caminho neural por um mau hábito é tão bem revestido.)

As redes neurais são baseadas na abordagem bottom-up (de baixo pra cima). Em vez de receber as instruções de mão beijada todas as regras da inteligência, as redes neurais aprendem da forma que um bebê aprende, por esbarrar em coisas e aprender com a experiência. Em vez de serem programadas, as redes neurais aprendem a maneira oldfashioned,* (velho modelo) através da "escola da vida de bater e desviar."

As redes neurais têm uma arquitetura completamente diferente da dos computadores digitais. Se você remover um único transistor digital na central do computador que é o processador, o computador irá falhar. No entanto, se você remover grandes pedaços do cérebro humano, ele ainda pode funcionar, com outras partes e assumir as peças desaparecidas. Além disso, é possível localizar com precisão onde o computador digital "pensa": seu processador central. No entanto, as varreduras do cérebro humano mostram claramente que o pensamento é espalhado em grandes partes

do cérebro. Diferentes setores acendem em sequência precisa, como se os pensamentos estivessem sendo devolvidos ao redor como uma bola de Ping-Pong.

Os computadores digitais podem calcular quase na velocidade da luz. O cérebro humano, pelo contrário, é extremamente lento. Os impulsos nervosos viajam em um excruciante ritmo lento de cerca de 200 quilômetros por hora. Mas o cérebro mais do que compensa por isso, porque é massivamente paralelo, ou seja, tem 100 bilhões de neurônios operacionais, ao mesmo tempo, cada um com um pouco de computação, com cada neurônio conectado a 10.000 outros neurônios. Em uma corrida, um único super-processador come poeira, próximo á um processador paralelo superlento. (Isso remonta à velha charada: se um gato pode comer um rato em um minuto, como tempo leva um milhão de gatos para comer um milhão de ratos? Resposta: um minuto).

Além disso, o cérebro não é digital. Os transistores são portas que podem ser abertas ou fechadas, representadas por 1 ou 0. Neurônios, também, são digitais (que podem disparar ou não disparar), mas eles também podem ser analógicos, transmitindo sinais contínuos, bem como discretos.

Dois problemas com os robôs

Dadas às limitações gritantes de computadores em relação ao cérebro humano, pode-se entender porque os computadores não foram capazes de realizar duas tarefas chaves que os seres humanos executam sem esforço: o reconhecimento de padrões e o senso comum. Esses dois problemas sem solução que desafiaram metade do século passado. Esta é a principal razão pela qual não temos robôs empregados, mordomos, e secretários.

O primeiro problema é o reconhecimento de padrões. Robôs podem ver muito melhor do que um ser humano, mas eles não entendem o que estão vendo. Quando um robô anda em uma sala, ele converte a imagem em um emaranhado de pontos. Pelo processamento destes pontos, pode reconhecer um conjunto de linhas, círculos, quadrados e retângulos. Então, um robô tenta corresponder a esse emaranhado, um por um, com os objetos armazenados na sua tarefa de memória extraordinariamente entediante mesmo para um computador. Depois de muitas horas de cálculo, o robô pode combinar estas linhas com cadeiras, mesas e pessoas. Por outro lado, quando entramos em uma sala, dentro de uma fração de segundo, reconhecemos cadeiras, mesas, mesas e pessoas. Na verdade, nossos cérebros estão principalmente reconhecendo os padrões.

Em segundo lugar, os robôs não têm senso comum. Embora os robôs possam ouvir muito melhor do que um ser humano, eles não entendem o que estão ouvindo. Para exemplo, considere as seguintes afirmações: As crianças gostam de doces, mas não

punição. Barbantes podem puxar, mas não empurrar. Gravetos podem empurrar, mas não puxar.

Os animais não podem falar e entender Inglês. O parafuso faz a pessoa sentir tontura. Para nós, cada uma dessas declarações é apenas de senso comum. Mas não para robôs. Não existe uma linha de lógica ou de programação que prova que podem puxar cordas, mas não empurrar. Nós aprendemos a verdade sobre essas declarações "óbvias", por experiência, porque não foram programadas em nossas memórias.

O problema com a abordagem cima para baixo é que há simplesmente milhões de linhas de código para o bom senso necessário para imitar o pensamento humano. Bilhões de linhas de código, por exemplo, seriam necessárias para descrever as leis do senso comum que uma criança de seis anos sabe. Hans Moravec, ex-diretor do laboratório de inteligência artificial na Universidade Carnegie Mellon, lamenta: *"Para este dia, os programas de IA não apresentam um pingo de senso comum em contraste com o diagnóstico de um médico, para um software, por exemplo, ele pode até prescrever um antibiótico, para uma bicicleta quebrada, pois carece de um modelo que represente pessoas, ou o conceito de doença, ou bicicletas."*

Alguns cientistas, no entanto, se agarram à crença de que o único obstáculo para dominar o senso comum é a força bruta. Eles sentem que um novo Projeto Manhattan, como o programa que construiu a bomba atômica, certamente descubra o problema do senso comum. O programa de emergência para criar esta "enciclopédia do pensamento" é chamado de CYC, começou em 1984. Era para ser o coroamento da IA, o projeto para codificar todos os segredos do senso comum em um único programa. No entanto, após várias décadas de trabalho duro, o projeto CYC falhou em cumprir as suas próprias metas. O objetivo do CYC era simples: enumerar "100 milhões de coisas, sobre o número típico que uma pessoa sabe sobre o mundo, até 2007." Esse prazo, e muitos anteriores, escorregaram sem sucesso. Cada um, dos marcos estabelecido pelos engenheiros do CYC veio e se foi, sem que os cientistas jamais chegassem perto de dominar a essência da inteligência.

O Homem contra a máquina

Uma vez tive a oportunidade de combinar sagacidades com um robô em uma competição com um construído por Tomaso Poggio do MIT. Embora os robôs não consigam reconhecer padrões simples como nós podemos, Poggio foi capaz de criar um programa de computador que pode calcular tão rápido quanto um ser humano em uma área específica: A de "*reconhecimento imediato*”, esta é a nossa incrível capacidade de reconhecer instantaneamente um objeto, mesmo antes de estarmos conscientes disso.

(O reconhecimento imediato foi importante para a nossa evolução, pois nossos antepassados tinham apenas uma fração de segundo para determinar se um tigre estava à espreita no mato, mesmo antes de estarem plenamente conscientes disso.) Pela primeira vez, um robô pontuou mais do que um ser humano em um teste de visão específica de reconhecimento.

A competição entre mim e a máquina era simples. Primeiro, eu me sentei em uma cadeira e fiquei olhando para uma tela de computador comum. Então, uma imagem surgiu na tela por uma fração de segundo, e era para eu pressionar uma das duas chaves tão rápido quanto eu podia, se eu visse um animal na imagem ou não. Eu tive que tomar uma decisão o mais rapidamente possível, mesmo antes que eu tivesse uma chance para digerir a imagem. O computador também faria uma decisão para a mesma imagem.

É constrangedor o suficiente, depois de muitos testes de tiro rápido, a máquina e eu executamos aproximadamente igualmente. Mas houve momentos em que a máquina pontuou significativamente mais do que os pontos que eu fiz, me deixando na poeira. Eu fui vencido por uma máquina. (Era um consolo quando me disseram que o computador obtém o direito de resposta de 82 por cento do tempo, mas os seres humanos conseguem pontuação de apenas 80 por cento em média). A chave para a máquina de Poggio é que ele copia lições da Mãe Natureza. Muitos cientistas estão descobrindo a verdade na afirmação: *"A roda já tem foi inventada, então porque não copiá-la*"? "Por exemplo, normalmente quando um robô olha para uma foto, ele tenta dividi-lo em uma série de linhas, círculos, praças, e outras formas geométricas". Mas o programa Poggio é diferente. Quando vemos uma imagem, podemos ver primeiro os contornos de vários objetos, em seguida, veja as várias características de cada objeto, então sombreamento dentro destas características, etc. Então, nós dividimos a imagem em várias camadas. Assim que o computador processa uma camada da imagem, integrando-a com a próxima camada, e assim por diante. Desta forma, passo a passo, camada por camada, que imita a forma hierárquica que o nosso cérebro processa as imagens. (O programa de Poggio não pode executar todos os feitos de reconhecimento de padrões que nós tomamos conseguimos fazer, como objetos de visualização em 3D, reconhecendo milhares de objetos de diferentes ângulos e etc., mas representa um importante marco no reconhecimento de padrões).

Mais tarde, tive a oportunidade de ver ambas as abordagens top-down e bottom-up * (debaixo pra cima e de cima pra baixo) em ação. Eu fui até o primeiro Centro de Inteligência Artificial da Universidade de Stanford, onde eu conheci STAIR (Robô de Inteligência Artificial de Stanford), que utiliza a abordagem top-down. STAIR tem de cerca de 4 metros de altura, com um enorme braço mecânico que pode girar e pegar objetos fora de uma tabela. STAIR também é móvel, para que ele possa andar em torno de um escritório ou de uma casa. O robô tem uma câmera 3D que bloqueia um objeto e alimenta a imagem 3D em um computador, que então orienta o braço mecânico para pegar o objeto. Robôs têm conseguido agarrar objetos como este, desde 1960, e

vemo-los nas fábricas de automóveis de Detroit. Mas as aparências enganam. STAIR pode fazer muito mais. Ao contrário dos robôs de Detroit, a escada não está no script. Ela opera por si só. Se você pedir para ele pegar uma laranja, por exemplo, pode analisar uma coleção de objetos sobre uma mesa, compará-los com os milhares de imagens já armazenadas em sua memória, em seguida, identificar a laranja e ir buscá-la. Ele também pode identificar objetos com mais precisão, agarrando-os e transformá-los ao redor. Para testar a sua capacidade, eu mexi em um dos grupos de objetos sobre uma mesa, em seguida, vi o que aconteceu depois que eu pedi uma tarefa específica. Eu vi que STAIR corretamente analisou a nova ordem e, em seguida, estendeu a mão e agarrou a coisa correta. Eventualmente, o objetivo é ter STAIR navegando na casa, escritório e nos ambientes, pegar e interagir com vários objetos e ferramentas, e até mesmo conversar com pessoas em uma linguagem simplificada. Desta forma, será capaz de fazer qualquer coisa que um *gofer (*empregado que cumpri tarefas gerais*) pode, em um escritório. RETA é um exemplo da abordagem de cima para baixo: está tudo programado no STAIR desde o início.

(Apesar de a escada poder reconhecer objetos de diferentes ângulos, ele ainda é limitado ao número de objetos que ele pode reconhecer. Seria paralisado se tivesse de andar fora de seu ambiente ou reconhecer objetos aleatórios). Mais tarde, tive a oportunidade de visitar a New York University, onde Yann LeCun está experimentando um design totalmente diferente, o LAGR (Aprendizagem Aplicada ao Terreno de Robôs). LAGR é um exemplo da abordagem aprofundada: ele tem que aprender tudo do zero, bater em coisas. É do tamanho de um campo de golfe pequeno carrinho de compras e tem duas câmeras coloridas com som estéreo que faz a varredura da paisagem, identificando os objetos em seu caminho. Em seguida, ele se move entre esses objetos, cuidadosamente, evitando-os, e aprende a cada passagem. É equipado com GPS e tem dois sensores de infravermelho que podem detectar objetos na frente dele. Ele contém três Pentium de alta potência e é conectado a uma rede Ethernet gigabit. Fomos a um parque nas proximidades, onde o robô LAGR podia vagar por vários obstáculos colocados em seu caminho. Toda vez que fui ao longo do curso, ficou melhor em evitar os obstáculos.

Uma diferença importante entre LAGR é que LAGR é projetado especificamente para aprender. Cada vez LAGR bate em algo, move-se em torno do objeto e aprende a evitar o objeto da próxima vez. Enquanto RETA tem milhares de imagens armazenadas em sua memória, LAGR quase não tem imagens em sua memória, mas cria um mapa mental de todos os obstáculos que encontra, e constantemente aprimora o que mapeia a cada passagem. Ao contrário dos carros sem condutor, que estão programados e que seguem um percurso definido previamente por GPS, o LAGR se move por si só, sem nenhuma instrução de um ser humano. Você diz isso para onde ir, e ele irá. Eventualmente, os robôs como esses podem ser encontrados em Marte, no campo de batalha, ou em nossas casas. Por um lado, fiquei impressionado com o

entusiasmo e a energia desses pesquisadores. Em seus corações, eles acreditam que são os alicerces para inteligência artificial, e que seu trabalho terá um dia, impacto na sociedade de uma maneira que só pode começar a entender. Mas a partir de uma distância, pude também apreciar o quanto eles têm que evoluir. Mesmo as baratas podem identificar objetos e aprender a desviar ao seu redor. Ainda estamos na fase em que as mais humildes criaturas da Mãe Natureza podem ser mais espertas que os nossos robôs mais inteligentes.

Os sistemas especialistas

Hoje, muitas pessoas têm robôs em suas casas simples que podem aspirar seus tapetes. Há também a segurança dos guardas robô de edifícios que fazem o patrulhamento durante a noite, robôs guias, e os pesquisadores da fábrica robôs. Em 2006, estima-se que havia 950 mil robôs industriais e 3.540 mil robôs de serviço que trabalhavam em casas e prédios. Mas nas próximas décadas, o campo da robótica pode florescer em várias direções. Mas estes robôs não serão parecidos com os de ficção científica.

O maior impacto poderá ser sentido em que são chamados de sistemas especialistas, que são programas de software que codificaram lhes a sabedoria e experiência de um ser humano. Como vimos no último capítulo, um dia, poderemos falar com a Internet em nossas telas de parede e conversar com um rosto amigo de um robô arquivo.

Este campo é chamado de *Heurística*, ou seja, na sequência de um sistema formal baseado em regras. Quando precisamos de um plano de férias, vamos conversar com o rosto na tela da parede e dar-lhe as nossas preferências para as férias: quanto tempo, para onde, quais os hotéis, e que faixa de preço. Os sistemas especialistas já sabem as nossas preferências de experiências passadas e em contato com hotéis, companhias aéreas, etc., e nos dariam as melhores opções. Mas em vez de falarmos com ele feitos tagarelas, ou como fofoqueiros, teremos de usar uma linguagem bastante formal, estilizada que ele compreende. Tal sistema pode rapidamente executar qualquer número de tarefas úteis. Você acabou de dar-lhe ordens, e faz uma reserva em um restaurante, o controle para a localização das lojas, as ordens de compras e comida pronta, reservar uma passagem de avião, etc.

É precisamente por causa dos avanços em *heurística* nas últimas décadas que nós temos agora alguns dos motores de busca bastante simples hoje. Mas eles ainda estão em estado bruto. É óbvio para todos, que você esteja lidando com uma máquina e não um ser humano. No futuro, porém, os robôs se tornarão tão sofisticados que eles

quase se parecerão com um ser humanoide, operando de forma integrada com os nuances e a sofisticação.

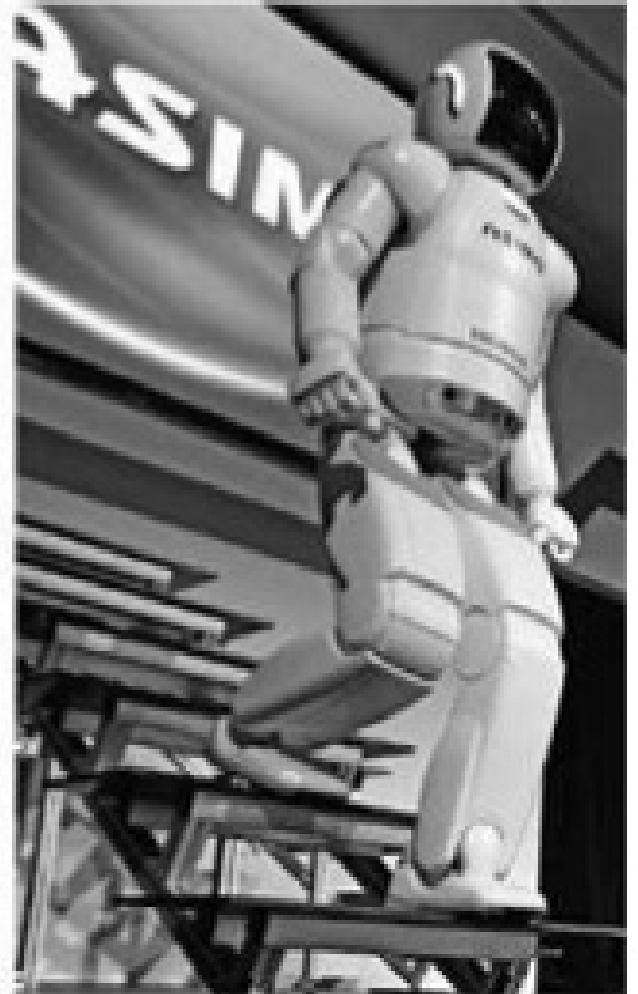
Talvez a aplicação mais prática seja nos cuidados médicos. Por exemplo, neste momento, se você se sentir doente, você pode ter que esperar horas em uma sala de emergência antes de consultar um médico. Num futuro próximo, você pode simplesmente ir para a tela da parede e falar com um Dr.Robô. Você será capaz de mudar o rosto dele, e até mesmo a personalidade, do Robodoc que você verá com o apertar de um botão. O cara amigável que você vê em sua tela de parede irá fazer um simples conjunto de perguntas: *"Como você se sente? Onde dói? Quando começou a dor? Quantas vezes doí?"* Cada vez que você irá responder por escolher a partir de um simples conjunto de respostas. Você não vai responder, digitando em um teclado, mas falando. Cada uma de suas respostas, por sua vez, solicitará o próximo conjunto de perguntas. Após uma série de perguntas, o Robodoc será capaz de lhe dar um diagnóstico com base na melhor experiência de médicos do mundo. Robodoc também irá analisar os dados da sua casa, suas roupas e móveis, que irão monitorar continuamente sua saúde através de chips de DNA. E podem pedir para examinar o seu corpo com um scanner de ressonância magnética portátil, que será então analisado pelos supercomputadores. (Algumas versões primitivas desses programas heurísticos já existem, tais como WebMD, mas falta-lhes os nuances e potência de heurística total).

A maioria das visitas ao consultório médico poderá ser eliminada desta forma, aliviar muito o estresse em nosso sistema de saúde. Se o problema é grave, o Robodoc irá recomendar que você fosse a um hospital, onde médicos humanos poderão fornecer cuidados intensivos. Mas até lá, você vai ver os programas de IA, na forma de enfermeiros robô, como o ASIMO. Esses enfermeiros robô não são verdadeiramente inteligentes, mas podem passar de um quarto de hospital para outro, administrar os próprios medicamentos aos pacientes, e atender suas outras necessidades. Eles podem mover-se sobre trilhos no chão, ou mover-se independentemente, como ASIMO. Uma enfermeira robô que já existe é o RP-6 robô móvel, que está sendo implantado em hospitais como o UCLA Medical Center. Basicamente, é uma tela de TV sentada em cima de um computador móvel que se move sobre rodas. Na tela da TV, você vê o rosto de vídeo de um médico de verdade que pode estar a quilômetros de distância. Há uma câmera no robô, que permite ao médico ver o que o robô está olhando. Existe também um microfone para que o médico possa falar com o paciente. O médico pode controlar remotamente o robô através de um joystick, interagir com os pacientes, prescrever remédios, monitorar, etc. Há anualmente 5 milhões de pacientes nos Estados Unidos que são admitidos à unidade de cuidados intensivos, mas apenas 6.000 médicos são qualificados para lidar com pacientes criticamente enfermos, e robôs como este poderiam ajudar a aliviar a crise no atendimento de emergência, com um médico atendendo a muitos pacientes. No futuro, robôs como esse poderão se tornar mais autônomos, sendo capazes de interagir com propriedade com os pacientes.

O Japão é um dos líderes mundiais nesta tecnologia. O Japão está gastando tanto dinheiro em robôs para aliviar a crise nos cuidados médicos. Em retrospecto, não é de surpreender que o Japão seja uma das nações líderes na área de robótica, por várias razões. Em primeiro lugar, na religião *Xintoísta*, acredita-se que existam espíritos dentro de objetos inanimados. Mesmo os mecânicos. No Ocidente, as crianças podem gritar de terror ao verem robôs, principalmente depois de ver tantos filmes sobre as máquinas de exterminar. Mas para as crianças japonesas, os robôs são vistos como espíritos afins, lúdicos e úteis. No Japão, não é raro ver recepcionistas robô cumprimentá-lo quando você entra em lojas de departamento. De fato, 30% por cento de todos os robôs comerciais do mundo estão no Japão. Em segundo lugar, o Japão está enfrentando um pesadelo demográfico. Japão tem a população de maior idade. A taxa de natalidade caiu para uma surpreendente 1,2 filhos por família, e os números da imigração são desprezíveis. Alguns demógrafos afirmam que estamos assistindo a uma destruição de trem em movimento lento: um trem demográfico (envelhecimento da população e a taxa de natalidade constantemente caindo) em breve colidirá com outra taxa de imigração (que é bem baixa) nos próximos anos. (Este acidente de trem, poderia mesmo acontecer eventualmente também na Europa.) Isto será sentido mais intensamente no campo da medicina, onde uma enfermeira como ASIMO, poderá ser bastante útil. Robôs como ASIMO seriam o ideal para as tarefas do hospital, tais como buscar medicamentos, administração de medicamentos e acompanhamento dos doentes 24 horas por dia.

Os robôs modulares

Pela metade do século, o nosso mundo poderá estar cheio de robôs, mas nós até poderemos não notá-los. Isso porque a maioria dos robôs provavelmente não terá a forma humana. Eles podem ser escondidos da vista, disfarçados como serpentes, insetos e aranhas, realizando tarefas desagradáveis, mas cruciais. Estes seriam os robôs modulares que poderão mudar de forma, dependendo da tarefa. Eu tive a oportunidade de conhecer um dos robôs modulares pioneiros com, Shen Weimin, da Universidade de Southern California. Sua ideia é criar pequenos módulos cúbicos que você pode trocar, como blocos de *Lego* e remontar à vontade. Ele os chama de robôs polimórficos, pois podem mudar de forma, geometria, e função. Em seu laboratório, eu pude ver imediatamente a diferença entre sua abordagem e a de Stanford e do MIT. Na superfície, tanto os laboratórios assemelhavam um teatrinho de um pequeno sonho, com o andar, a falar de robôs em todos os lugares que você olhasse. Quando eu visitei Stanford e os laboratórios do MIT em IA, eu vi uma ampla variedade de "brinquedos" robóticos que têm chips com eles e alguma inteligência. As bancadas estão cheias de

aviões robôs, helicópteros, caminhões e insetos em forma robôs com chips, todos os que se deslocam de forma autônoma. Cada robô é uma unidade autossuficiente.

***Vários tipos de robôs: LAGR (no canto superior), RETA (imagem, inferior à esquerda), e ASIMO (canto inferior direito). Apesar dos aumentos de AST / poder computacional, esses robôs tem a inteligência de uma barata.**

Mas quando você entra no laboratório USC, você verá algo bem diferente. Você verá caixas de módulos cúbicos, cada um cerca de 2 centímetros quadrados, que podem aderir ou se separar, permitindo que você crie uma variedade de criaturas semelhantes a animais. É possível criar cobras que deslizem em uma linha. Ou anéis que podem rolar como um aro. Mas, então, você pode torcer estes cubos ou conectá-los com as articulações em forma de Y, então você pode criar um novo conjunto de dispositivos semelhantes como polvos, aranhas, cães, ou gatos. Pense em um jogo de *Lego* inteligente, com cada bloco sendo inteligente e capaz de organizar-se em qualquer configuração imaginável. Isso seria útil para passar por barreiras. Se um robô em forma de aranha se rastejasse no sistema de esgoto e encontrasse uma parede, ele deve primeiro encontrar um pequeno buraco na parede e em seguida, desmontar-se. Cada peça iria atravessar o buraco, e depois as peças iriam se remontar- ao lado das outras na parede. Desta forma, estes robôs modulares seriam quase incontroláveis, capazes de vencer mais obstáculos. Estes robôs modulares podem ser cruciais na reparação de nossa infraestrutura decadente. Em 2007, por exemplo, a ponte sobre o rio Mississippi, em Minneapolis ruiu, matando 13 pessoas e ferindo 145, provavelmente porque a ponte estava velha, sobrecarregada e tinha falhas de projeto. Existem talvez centenas de acidentes semelhantes à espera de acontecer em todo o país, mas ele simplesmente custa muito dinheiro para acompanhar todas as pontes em decomposição e fazer reparos. Aí é que onde os robôs modulares podem vir em socorro, silenciosamente, verificando as nossas pontes, estradas, túneis, tubulações e estações de energia, e fazer reparos quando necessário. (Por exemplo, as pontes em Manhattan sofreram muito devido à negligência, corrosão e falta de reparos. Um trabalhador encontrou uma garrafa de Coca-Cola de 1950 que sobrou de quando as pontes tinham sido pintadas no passado. Na verdade, no processo de envelhecimento da Ponte Manhattan chegou perigosamente perto do colapso recentemente, e teve que ser interditada para reparos).

Robôs cirurgiões e cozinheiros

Os robôs podem ser usados como cirurgiões, assim como cozinheiros e músicos. Por exemplo, uma limitação importante da cirurgia é a destreza e precisão das mãos humanas. Cirurgiões como todas as pessoas, se cansam depois de muitas horas e sua eficiência cai. Os dedos começam a tremer. Os robôs podem resolver estes problemas.

Por exemplo, a cirurgia tradicional para uma operação de ponte de safena envolve a abertura de um talho de metros de comprimento no meio do peito, o que exige em geral anestesia. Abrindo a cavidade torácica aumenta a possibilidade de infecção e à duração do tempo de recuperação, cria uma dor intensa e desconforto durante o processo de cicatrização, e deixa uma cicatriz desfigurada. Mas o sistema de Da Vinci robótico pode diminuir muito tudo isso. O robô Da Vinci tem quatro braços robóticos, um para a manipulação de uma câmera de vídeo e três para a cirurgia de precisão. Em vez de fazer uma longa incisão no peito, faz apenas algumas pequenas incisões na parte lateral do corpo. Existem 800 hospitais na Europa e América do Norte e do Sul que utilizam este sistema, 48.000 operações foram realizadas somente em 2006 com esse robô. A cirurgia também pode ser feita por controle remoto através da Internet, por um cirurgião de renome mundial em uma grande cidade pode realizar a cirurgia em um paciente em uma área rural isolada em outro continente.

No futuro, as versões mais avançadas serão capazes de realizar a cirurgia em vasos sanguíneos microscópicos, fibras nervosas e tecidos por meio da manipulação de bisturis microscópicos, além de pinças e agulhas, o que é impossível hoje em dia. De fato, no futuro, só raramente o cirurgião precisará cortar a pele toda. Será um tipo de cirurgia não invasiva que irá se tornar a norma. Endoscópios (tubos longos inseridos no corpo que podem iluminar e cortar o tecido) serão mais finos que um fio de cabelo. Micromachines menores do que os períodos no final desta época irão fazer muito do trabalho mecânico. (Em um episódio do *Star Trek* original, o doutor McCoy estava totalmente revoltado que os médicos do século XX tiveram que cortar a pele.) Em breve isto se tornará uma realidade. Os estudantes de medicina, no futuro, aprenderam que as fatias de imagens virtuais em 3D do corpo humano, onde cada movimento da mão é reproduzido por um robô em outra sala.

Os japoneses também se destacaram na produção de robôs capazes de interagir socialmente com os humanos. Em Nagoya, há o *Chef* robô que pode criar um jantar de fast-food normal em poucos minutos. Você simplesmente diz o que você quer de um cardápio e o chef robô faz a sua refeição na sua frente. Criada por Aisei, uma empresa de robótica industrial, este robô pode cozinhar macarrão em 1 minuto e 40 segundos e pode servir 80 copos em um dia movimentado. O *Chef* robô é muito parecido com os das linhas de montagem de automóveis em Detroit. Você tem dois grandes braços

mecânicos, que são precisamente programados para se mover em uma determinada sequência. Em vez de esmagar e soldar metal em uma fábrica, no entanto, estes dedos robóticos pegam os ingredientes de uma série de bacias que estão limpos, carnes, farinhas, molhos, especiarias, etc. A combinação de braços robóticos e depois montá-los em um sanduíche, fazer a salada ou sopa. O cozinheiro Aisei parece um robô, assemelhando-se duas mãos gigantes emergentes do balcão da cozinha. Mas outros modelos sendo planejados para começarem a ter um olhar mais humano. Também no Japão, a Toyota criou um robô que pode tocar um violino quase tão bem como qualquer profissional. Assemelha-se ASIMO, exceto que ele pode pegar um violino, balançar com a música, e em seguida, delicadamente tocar com o violino algumas peças complexas. O som é incrivelmente realista e que o robô pode fazer grandes gestos como um músico profissional. Embora a música ainda não esteja ao nível de um violinista, é bom o suficiente para entreter o público. É claro que, no século passado, tiveram máquinas de piano mecânico que tocava músicas inscritas em um disco de grande rotação. Como estas máquinas piano, a máquina da Toyota também foi programada. Mas a diferença é que a máquina da Toyota é deliberadamente concebida para simular todas as posições e posturas de um violinista humano na forma mais realista. Além disso, na Universidade Waseda, no Japão, os cientistas fizeram um flautista robótico. O robô contém câmaras ocas no seu peito, como os pulmões, que sopram mais ar numa flauta de verdade. Ele pode tocar melodias muito complexas, como *"The Flight of the Bumblebee"*. Estes robôs não podem criar novas músicas, devemos enfatizar, mas eles podem rivalizar com um ser humano em sua capacidade de executar a música. O *Chef* robô e *Músico* robô são cuidadosamente programados. Eles não são autônomos. Embora estes robôs sejam bastante sofisticados em relação aos velhos pianos, eles continuam a operar nos mesmos princípios. Empregadas e mordomos robôs ainda são coisas para um futuro distante. Mas os descendentes do chef robô e o robô violinista e flautista poderão um dia se encontrar incorporados em nossas vidas, desempenhando as funções básicas que se pensavam ser exclusivamente humanas.

Robôs emotivos

Lá pela metade do século, a era dos robôs emocionais poderá estar em plena floração. No passado, os escritores tiveram fantasias sobre robôs que aspiravam se tornarem humanos e tiver emoções. Em *Pinóquio*, um boneco de madeira quis se transformar em um menino de verdade. No *Mágico de Oz*, o homem de lata queria ter um coração. E em *Star Trek: The Next Generation*, a androide Data tenta dominar as emoções, contando piadas e descobrindo o que nos faz rir. Na verdade, na ficção científica, é um tema recorrente que, embora os robôs possam tornar-se cada vez mais

inteligentes, a essência das emoções sempre lhes escapa. Os robôs poderão um dia tornar- se mais espertos do que nós, declaram alguns escritores de ficção científica, mas não serão capazes de chorar. Atualmente, isso até pode ser verdade. Em primeiro lugar, as emoções pode nos dizer o que é bom para nós e o que é prejudicial. A grande maioria das coisas no mundo ou são prejudiciais ou não são muito úteis. Quando sentimos a emoção de "*como*" nós estamos aprendendo a identificar a pequena fração de coisas no ambiente que são benéficas para nós.

Na verdade, cada uma de nossas emoções (ódio, ciúme, medo, amor, etc.) evoluiu durante milhões de anos para nos proteger dos perigos de um mundo hostil e nos ajudaram a nos reproduzirmos. Toda emoção ajuda a propagar os nossos genes para a próxima geração. O papel fundamental das emoções em nossa evolução era evidente para o neurologista António Damásio, da Universidade do Sul da Califórnia, que analisou as vítimas de lesões cerebrais ou que tinham a doença. Em alguns desses pacientes, a ligação entre a parte pensante do cérebro (córtex cerebral) e o centro emocional (localizado no fundo do centro do cérebro, como a amígdala) foi cortada. Essas pessoas eram perfeitamente normais, só que tinham dificuldade em expressar emoções.

Um problema tornou-se óbvio: eles não podiam fazer escolhas. As compras no supermercado transformaram-se em pesadelo, já que tudo tinha o mesmo valor para eles, se era caro ou barato, se eram de cores berrantes ou sofisticadas. Definir um compromisso era quase impossível, pois todas as datas no futuro pra eles eram as mesmas. Eles parecem *"saber, mas não sentem",* disse ele. Em outras palavras, um dos principais propósitos das emoções são para nos dar valores, para que possamos decidir o que é importante, o que é caro, o que é bonito, e o que é precioso. Sem emoções, tudo tem o mesmo valor, e ficamos paralisados por decisões sem fim, todas elas têm o mesmo peso. Assim, os cientistas estão agora começando a compreender que as emoções, longe de ser um luxo, são essenciais para a inteligência.

Por exemplo, quando se assiste *Star Trek* e vê *Spock* realizando seu trabalho dado, supostamente sem nenhuma emoção, agora você percebe imediatamente a falha. A cada vez, Spock e os dados têm demostrado emoções: eles fizeram uma longa série de juízos de valor. Eles decidiram que, ser um gestor é importante, que é crucial para realizar determinadas tarefas, que o objetivo da Federação é nobre, que a vida humana é preciosa, etc. Então, é uma ilusão de que você pode ter um policial desprovido de emoções.

Os robôs emocionais também podem ser uma questão de vida ou morte. No futuro, os cientistas poderão ser capazes de criar robôs de resgate- estes robôs que serão enviados para os incêndios, terremotos, explosões, etc. Eles terão de fazer milhares de juízos de valor sobre quem e o que guardar e em que ordem. Os levantamentos da devastação ao redor deles, eles vão ter de classificar as várias tarefas que irão enfrentar em ordem de prioridade.

As emoções também são essenciais se você visualizar a evolução do cérebro humano. Se você olhar para as características macroscópicas do cérebro, você percebe que elas podem ser agrupadas em três grandes categorias. Primeiro você tem a parte do cérebro *Reptiliana*, encontrada perto da base do crânio, que compõe a maior parte do cérebro dos répteis. As funções vitais Primitivas, tais como equilíbrio, a territorialidade, agressividade, à procura de comida, etc., são controladas por esta parte do cérebro. (Às vezes, quando se você se depara com uma cobra que está olhando por trás de você, você tem uma sensação assustadora. Você se pergunta: Qual é o pensamento da cobra acerca de? Se essa teoria estiver correta, então a cobra não está pensando muito em tudo, exceto se você é ou não o almoço). Quando olhamos para os organismos superiores, vemos que o cérebro se expandiu em direção à frente do crânio. No próximo nível, encontramos a parte do cérebro de macaco, ou o sistema *Límbico*, localizado no centro do nosso cérebro. Ele inclui componentes como a amígdala, que está envolvida no processamento das emoções. Os animais que vivem em grupos têm um sistema límbico especialmente bem desenvolvido. Animais sociais que caçam em grupos exigem um alto grau de inteligência dedicada à compreensão das regras do grupo. Desde que o sucesso no deserto depende de cooperar uns com os outros, ainda mais porque estes animais não podem falar, significa que estes animais devem comunicar o seu estado emocional através da linguagem corporal, grunhindo, gemendo e fazendo gestos. Finalmente, temos a camada frontal e externa do cérebro, o *Córtex* cerebral, a camada que define a nossa condição de humanos e governa o pensamento racional. Enquanto outros animais são dominados pelo instinto e pela genética, os seres humanos usam o córtex cerebral a razão para as coisas que estão além. Se esta progressão evolutiva está correta, isso significa que emoções desempenham um papel vital na criação de robôs autônomos. Até agora, os robôs foram criados imitando apenas o cérebro reptiliano. Eles podem andar procurar seu entorno, e pegar objetos, mas não muito mais que isso. Os animais sociais, por outro lado, são mais inteligentes do que aqueles com apenas um cérebro reptiliano. As emoções são necessárias para se socializar e o sistema límbico para que eles dominassem as regras do grupo. Assim os cientistas têm um longo caminho a percorrer antes que possam modelar o sistema límbico e o córtex cerebral. Cynthia Breazeal do MIT, na verdade criou um robô projetado especificamente para resolver este problema. O robô chama-se *Kismet*, com um rosto que se assemelha a um duende travesso. Na superfície, ele parece estar vivo, respondendo-lhe com movimentos faciais que representam emoções.

O KISMET pode duplicar uma vasta gama das emoções, alterando as suas expressões faciais. Na verdade, as mulheres que reagem a este robô infantil muitas vezes falam com KISMET em "mães," o que as mães usam quando se fala com bebês e crianças. Embora robôs como KISMET sejam projetados para imitar emoções, os cientistas não têm nenhuma ilusão de que o robô realmente sinta emoções. Em certo sentido, é como um gravador programado para não fazer sons, mas fazer com que as

emoções faciais, sem consciência do que é fazendo. Mas a ruptura com o Kismet é que ele não tem muita programação para criar um robô que vai imitar emoções humanoides que vai responder para o homem. Estes robôs emocionais vão encontrar seu caminho em nossas casas. Eles não vão ser nossos confidentes, secretários, empregados domésticos, mas eles serão capazes de realizar procedimentos baseados em heurística. Pela metade do século, eles poderão ter a inteligência de um cão ou gato. Como um animal de estimação, eles apresentam um vínculo emocional com seu mestre, de modo que não será facilmente descartado. Você não será capaz de falar com eles em Inglês coloquial, mas eles vão entender comandos programados, talvez centenas deles. Se você lhes disser para fazer algo que ainda não estiver armazenado em sua memória (como "lançar um papagaio"), eles simplesmente vão dar-lhe um olhar curioso e confuso. (Se os robôs como os cães e gatos na virada do século pudessem duplicar toda a gama de resposta animal, indistinguível do comportamento real dos animais, então vem à questão de saber se estes animais se sentem como robôs ou se são tão inteligentes quanto um cão ou um gato comum).

A Sony tem feito experiências com esses robôs emocionais quando fabricou o cão AIBO (robô de inteligência artificial). Foi o primeiro brinquedo de forma realista a responder emocionalmente a seu mestre, ainda que de forma primitiva. Por exemplo, se você brincar com o cachorro AIBO em suas costas, ele imediatamente iria começar a fazer grunhidos, proferindo sons suaves. Ele pode andar, responder a comandos de voz, e até mesmo aprender até certo grau. AIBO não pode aprender novas emoções ou ter respostas emocionais. (Ele foi interrompido em 2005 devido a razões financeiras, mas, desde então, criou um público fiel que atualiza o software do computador de forma que AIBO possa executar mais tarefas.) No futuro, animais de estimação robóticos que formam uma ligação emocional com as crianças poderão se tornar comuns. Embora estes animais robô tenham uma grande biblioteca de emoções e ligações para formar duradouras com os filhos, eles não irão sentir emoções reais.

Fazendo a engenharia reversa no cérebro

Pela metade do século, devemos ser capazes de completar o próximo marco na história da IA: a engenharia reversa do cérebro humano. Os cientistas, frustrados porque não foram capazes de criar um robô feito de silício e aço, também estão tentando o caminho inverso: desmontando o cérebro, neurônio por neurônio como um mecânico, desmontando um motor, parafuso por parafuso e, em seguida, executando uma simulação desses neurônios em um computador enorme. Estes cientistas estão sistematicamente tentando simular os disparos de neurônios em animais, começando com ratos e gatos, e subindo na escala evolutiva dos animais. Esta é uma meta bem

definida, e deve ser possível até meados do final deste século. Fred Hapgood do MIT escreve: *"Descobrindo como o cérebro funciona exatamente, do jeito que sabemos como funciona um motor, isto iria reescrever quase cada texto na nossa biblioteca científica."*

O primeiro passo no processo de engenharia reversa do cérebro é entender sua estrutura básica. Mesmo esta simples tarefa tem sido um longo e doloroso processo. Historicamente, as diversas partes do cérebro foram identificadas durante as autópsias, sem uma pista quanto à sua função. Isso começou a mudar quando os cientistas analisaram as pessoas com danos cerebrais, e notavam que danos em certas partes do cérebro correspondiam a mudanças de comportamento. O curso das vítimas e pessoas que sofrem de lesões cerebrais ou doenças apresentaram mudanças comportamentais específicas, que poderão ser comparadas às lesões em partes específicas do cérebro.

O exemplo mais espetacular disso foi em 1848 em Vermont, quando a 3 metros, uma haste de metal de 8 polegadas de comprimento, entrou no lado direito através do crânio de um chefe de ferrovia chamado de *Phineas Gage*. Este acidente que fez história aconteceu quando a dinamite explodiu acidentalmente. A vara entrou no lado do rosto, quebrou a mandíbula, passou por seu cérebro, e saiu do topo da cabeça. Milagrosamente, ele sobreviveu a esse acidente horroroso, apesar de um ou de ambos seus lobos frontais terem sido destruídos. O médico que o tratou, primeiro, não podia acreditar que alguém pudesse sobreviver a um acidente destes e ainda continuar vivo. Ele ficou em um estado semiconsciente durante várias semanas, mas depois se recuperou milagrosamente. Ele ainda sobreviveu por mais 12 anos, fazendo bicos e viajando, até morrer em 1860. Médicos cuidadosamente preservaram o seu crânio e a haste de metal, e ele têm sido intensamente estudado desde então. As técnicas modernas, usando tomografia computadorizada, têm detalhes reconstruídos deste acidente extraordinário.

Este evento mudou para sempre as opiniões predominantes do problema corpo-mente. Anteriormente, acreditava- se até mesmo nos meios científicos que a alma e o corpo eram entidades separadas. As pessoas escreveram com conhecimento de causa sobre algo como "força da vida" que anima o corpo, independente do cérebro. Mas, relatos amplamente divulgados indicaram que a personalidade de Gage sofreu intensas modificações após o acidente. Alguns relatos afirmam que Gage era um bom vivant, mas logo este homem se tornara abusivo e hostil após o acidente. Os impactos destes relatórios reforçaram a ideia de que partes específicas do cérebro controlam diferentes comportamentos e, portanto, o corpo e a alma eram inseparáveis.

Em 1930, outro avanço foi feito quando neurologistas como Wilder Penfield notaram que, enquanto ocorria a cirurgia no cérebro para executar os doentes de epilepsia, quando ele tocou as partes do cérebro com eletrodos, certas partes do corpo do paciente podiam ser estimuladas. Tocando esta ou aquela parte do córtex poderia fazer uma mão ou uma perna se mover. Desta forma, ele foi capaz de construir um

esboço cru de que partes do córtex controlavam partes do corpo. Como um resultado, pode-se redesenhar o cérebro humano, listando quais partes do cérebro o órgão controlava. O resultado foi um homúnculo, um quadro bastante bizarro de o corpo humano mapeado na superfície do cérebro, que parecia um homem um pouco estranho, com os dedos enormes, lábios e língua, mas num corpo pequenino.

Mais recentemente, as varreduras de MRI nos deram fotos reveladoras do cérebro pensando, mas são incapazes de traçar os caminhos neurais específicos do pensamento, talvez envolvendo apenas alguns milhares de neurônios. Mas um novo campo chamado Optogenética que combina óptica e genética para desvendar as vias neurais específicas em animais. Por analogia, isso pode ser comparado à tentativa de criar um mapa rodoviário. Os resultados dos exames de ressonância magnética seriam semelhantes à determinação das grandes rodovias interestaduais e do grande fluxo de tráfego sobre elas. Mas em Optogenética pode ser capaz de realmente determinar as estradas e caminhos individuais. Em princípio, ainda permite aos cientistas a possibilidade de controlar o comportamento dos animais, estimulando essas vias específicas.

*I*sso, por sua vez, gerou várias histórias sensacionalistas da mídia. The Drudge Report publicou uma manchete escabrosa que gritou: *"Cientistas Criam Moscas Controladas Remotamente"*. A mídia conjurou visões de moscas controladas remotamente fazendo o trabalho sujo do Pentágono. No Tonight Show, Jay Leno ainda falou sobre uma mosca controlada remotamente que poderia voar para dentro da boca do presidente George W. Bush no comando. Embora os comediantes tivessem um dia imaginado cenários de campo bizarros do Pentágono comandando hordas de insetos com o apertar de um botão, a realidade é muito mais modesta.

A mosca da fruta tem aproximadamente 150 mil neurônios no cérebro. A Optogenética permite aos cientistas iluminar determinados neurônios no cérebro de moscas de fruta que correspondem a determinados comportamentos. Por exemplo, quando dois neurônios específicos são ativados, ela pode sinalizar a mosca da fruta para escapar. A mosca, então, automaticamente estende suas pernas, abre suas asas e decola. Os cientistas foram capazes de criarem uma raça genética de uma linhagem de moscas de fruta cuja fuga de neurônios disparasse a cada vez que um feixe de laser era ligado. Se você usar um raio laser sobre essas moscas de fruta, elas disparariam a cada vez.

As implicações para a determinação da estrutura do cérebro são importantes. Não só seremos capazes de provocar uma separação lenta dos caminhos neurais para certos comportamentos, mas também poderemos usar esta informação para ajudar as vítimas de acidente vascular cerebral e pacientes que sofrem de doenças cerebrais ou acidentes. Gero Miesenboeck, da Oxford University e seus colegas foram capazes de identificar os mecanismos neuronais de animais dessa forma. Eles não podem estudar apenas os caminhos para o reflexo de fuga em moscas de fruta, mas também os reflexos

envolvidos cheirando odores. Eles estudaram as vias que regulam foodseeking em lombrigas. Eles estudaram os neurônios envolvidos na tomada de decisões em camundongos. Eles descobriram que, enquanto apenas dois neurônios estavam envolvidos em desencadeamento de atos em moscas de fruta, cerca de 300 neurônios foram ativados em camundongos para esta tomada de decisão.

As ferramentas básicas que têm vindo a utilizar são os genes que podem controlar a produção de determinados corantes, bem como as moléculas que reagem à luz. Por exemplo, existe um gene de água-viva que pode fazer a proteína verde se tornar fluorescente. Além disso, há uma variedade de moléculas como a rodopsina, que responde quando a luz brilha sobre ela, permitindo a passagem de íons através das membranas celulares. Desta forma, a luz que brilha sobre esses organismos podem provocar determinadas reações químicas. Armados com esses corantes e produtos químicos sensíveis à luz, esses cientistas puderam pela primeira vez pacientemente distanciar os circuitos neurais específicos que regem os comportamentos.

Assim, apesar de comediantes zombarem desses cientistas por tentar criar as moscas *Frankenstein* controladas pelo toque de um botão, a realidade é que os cientistas estão, pela primeira vez na história, traçando os caminhos neurais específicos do cérebro que controlam os comportamentos específicos.

Modelagem do cérebro

A *Optogenética* é o primeiro passo modesto. O próximo passo é realmente o modelo do cérebro inteiro, utilizando as mais recentes tecnologias. Há pelo menos duas maneiras de resolver esse problema colossal, que levará muitas décadas de trabalho duro. A primeira é usar supercomputadores para simular o comportamento de bilhões de neurônios, cada um ligado a milhares de outros neurônios. A outra maneira é realmente localizar cada neurônio no cérebro. A chave para a primeira abordagem, a simulação do cérebro, é simples: alimentação do computador-primo. Quanto maior for o computador, melhor. Força bruta, e teorias deselegantes, pode ser a chave para desvendar esse problema gigantesco. E o computador que possa realizar esta tarefa hercúlea é chamado Blue Gene, um dos mais poderosos computadores do mundo, construído pela IBM. Eu tive a oportunidade de visitar este computador monstro quando eu visitava o Laboratório Nacional, Lawrence Livermore, na Califórnia, onde eles desenham as ogivas nucleares de hidrogênio para o Pentágono. É ultrassecreto e o chefe do laboratório da de Armas América do Norte, um complexo alastrando 790 hectares no meio da parte agrícola do país, orçado em US $ 1,2 bilhões por ano e emprega 6.800 pessoas. Este é o coração da criação de armas nucleares dos EUA. Eu tive que passar por muitos níveis de segurança para vê-lo, pois este é um dos laboratórios mais sensíveis de armas na Terra.

Finalmente, depois de passar uma série de postos de controle, eu consegui entrar no prédio da IBM, a habitação do computador Blue Gene, que é capaz de computar a estonteante velocidade de 500 trilhões de operações por segundo. O Blue Gene é uma visão impressionante. É enorme, ocupando cerca de um acre trimestre, e consiste em linha após a linha de armários de aço negros, cada um cerca de 8 metros de altura e 15 metros de comprimento.

Quando eu caminhava entre esses gabinetes, foi uma experiência e tanto. Ao contrário dos filmes de ficção científica de Hollywood, onde os computadores têm partes que piscam luzes, discos girando, e raios de eletricidade crepitar através do ar, esses gabinetes são totalmente calmos, com apenas algumas luzes piscando e minúsculas. Você percebe que o computador está executando trilhões de cálculos complexos, mas você não ouve nada e não vejo nada como isso tudo funciona. O que interessava era o fato de que o Blue Gene foi capaz de simular o processo de pensamento de um cérebro de rato, que tem cerca de 2 milhões de neurônios (Em comparação com os 100 bilhões de neurônios que temos). Simulando o processo de pensamento de um cérebro do rato é mais difícil do que você pensa, porque cada neurônio é ligado a muitos outros neurônios, fazendo uma densa rede de neurônios. Mas enquanto eu estava andando entre de rack a rack depois dos consoles que compõem o Blue Gene, eu não poderia deixar de me surpreender que este poder computacional surpreendente pudesse simular apenas o cérebro de um rato, e então somente por alguns segundos. (Isto não significa que o Blue Gene possa realmente simular o comportamento de um rato. Atualmente, os cientistas podem apenas simular o comportamento de uma barata. Pelo contrário, isto significa que o Blue Gene pode simular o disparo de neurônios encontrados em um rato, e não seu comportamento.) De fato, vários grupos concentraram-se em simular o cérebro de um rato. Uma tentativa ambiciosa é o Blue Brain Project de Henry Markram da École Polytechnique Fédérale de Lausanne, na Suíça. Ele começou em 2005, quando ele foi capaz de obter uma pequena versão do Blue Gene, com apenas 16.000 processadores, mas dentro de um ano ele foi bem sucedido na modelagem da coluna neocortical do rato, que faz parte do neocórtex, que contém 10.000 neurônios e 100 milhões de ligações. Isso foi um marco no estudo, pois significava que era biologicamente possível analisar completamente a estrutura de um importante componente do cérebro, neurônio por neurônio. (O cérebro do rato consiste de milhões destas colunas, repetida uma e outra vez. Assim, por uma modelagem dessas colunas, pode-se começar a entender como funciona o cérebro do rato.)

Em 2009, Markram disse otimista: "Não é impossível construir um cérebro humano e podemos fazê-lo em dez anos". Se nós o construirmos corretamente, ele deve falar e tiver uma inteligência e se comportar mais como um ser humano. "Ele adverte, porém, que precisaria de um supercomputador 20.000 vezes mais potente que os supercomputadores atuais, com uma memória de armazenamento de 500 vezes o

tamanho total da internet atual, para consegui-lo". Então qual é o obstáculo impedindo esse objetivo colossal? Para ele, é simples: dinheiro.

Uma vez que a ciência básica é conhecida, ele sente que pode ter sucesso simplesmente jogando dinheiro no problema. Ele diz: *"Não é uma questão de anos, é uma questão de dólares... É uma questão de se a sociedade realmente quiser isso. Se eles querem quiserem isso em dez anos, eles terão isso em dez anos. Se eles quiserem isso em mil anos, podemos esperar."* Mas um grupo rival também está enfrentando este problema, reunindo o maior poder de fogo computacional na história. Este grupo está utilizando a mais avançada versão do Blue Gene, chamado Dawn, também baseada em Livermore. Dawn é realmente uma visão impressionante, com 147.456 processadores com 150 mil gigabytes de memória. São aproximadamente 100 mil vezes mais poderosas que o computador na sua mesa. O grupo, liderado por Dharmendra Modha, marcou uma série de sucessos. Em 2006, foi capaz de simular 40 por cento do cérebro de um rato. Em 2007, ele poderia simular 100 por cento do cérebro de um rato (que contém 55 milhões de neurônios, muito mais do que o cérebro do rato).

E em 2009, o grupo quebrou mais um recorde mundial. Ele conseguiu simular um por cento do córtex cerebral humano, ou seja, aproximadamente o córtex cerebral de um gato, contendo 1,6 bilhões de neurônios com 9 trilhões de conexões. No entanto, a simulação foi lenta, cerca de 1/600th a velocidade do cérebro humano. (Se ele simulasse, apenas um bilhão de neurônios, ele iria muito mais rápido, cerca de 1/83rd a velocidade do cérebro humano). "Este é um telescópio de Hubble da mente, um acelerador linear do cérebro", diz orgulhosamente Modha, comentando sobre a escala gigantesca dessa conquista. Desde que o cérebro tem 100 bilhões de neurônios, estes cientistas podem agora ver a luz no fim do túnel. Eles sentem que uma simulação do cérebro humano está à vista. *"Isso não é apenas possível, é inevitável. Isso vai acontecer",* diz Modha. Há problemas graves, no entanto, com a modelagem do cérebro humano inteiro, especialmente em energia e calor. O computador Dawn devora um milhão de watts de energia e gera tanto calor que necessita 6.675 toneladas de equipamentos de ar condicionado, que sopra 2,7 milhões de pés cúbicos de ar frio a cada minuto. Para o modelo do cérebro humano, você teria que esta escala por um fator de 1.000. Esta é uma tarefa verdadeiramente monumental. O consumo de energia deste supercomputador hipotético seria de um bilhão de watts, ou a saída inteira de uma usina de reatores nuclear. Você poderia iluminar uma cidade inteira com a energia consumida por este supercomputador. Para resfriá-lo, você precisa desviar um rio inteiro e canalizar a água através do computador. E o próprio computador ocupariam muitos quarteirões da cidade.

Surpreendentemente, o cérebro humano, ao contrário, utiliza apenas 20 watts. O calor gerado pelo cérebro humano é dificilmente perceptível, ainda que facilmente supere os nossos maiores supercomputadores. Além disso, o cérebro humano é o objeto mais complexo que a Mãe Natureza tem produzido nessa seção da galáxia. Desde que

nós não vemos nenhuma evidência de outras formas de vida inteligente em nosso sistema solar, isso significa que você tem que ir para fora, pelo menos, a 24 trilhões de quilômetros, de distância para a estrela mais próxima, e mesmo ir até além, para conseguir encontrar um objeto tão complexo como o que está assentado no seu crânio.

Poderíamos ser capazes de fazer engenharia reversa do cérebro dentro de dez anos, mas só se tivéssemos um grande programa de impacto do Projeto Manhattan de estilo e objeto de dumping de bilhões de dólares para ele. No entanto, isso não é muito provável que isso aconteça em breve, dado o clima econômico atual. Bater programas como o Projeto Genoma Humano, que custou cerca de US $ 3 bilhões, foram apoiados pelo governo dos EUA por causa de sua saúde e dos óbvios benefícios científicos. No entanto, os benefícios da engenharia reversa do cérebro são menos urgentes e, consequentemente, levará muito mais tempo. Mais realista, vamos abordar este objetivo em menor etapa, e podemos demorar décadas para atingir plenamente este feito histórico. Assim o computador simulando o cérebro pode nos custar à metade do século. E mesmo assim, vai demorar muitas décadas para classificar através das montanhas de dados despejadas a partir deste grande projeto e combiná-lo ao cérebro humano. Nós estaremos nos afogando em dados, sem os meios para resolver de forma significativa o ruído.

A desmontagem do cérebro

Mas e quanto à segunda abordagem, identificando a localização exata de cada neurônio no cérebro? Essa abordagem também é uma tarefa hercúlea, e também pode levar várias décadas de pesquisas exaustivas. Ao invés de usar supercomputadores, como o Blue Gene, estes cientistas tomam a fatia e abordagem de dados, começando por dissecar o cérebro da mosca da fruta em fatias finas incrivelmente não superiores a 50 nm de largura (cerca de 150 átomos de diâmetro). Isso produz milhões de fatias. Em seguida, um microscópio eletrônico de varredura tira uma fotografia de cada uma, com uma velocidade e resolução que pode chegar a um bilhão de pixels por segundo. A quantidade de dados que vomitam do microscópio eletrônico é surpreendente, cerca de 1.000 trilhões de bytes de dados, suficiente para encher uma sala de armazenamento apenas para um único cérebro da mosca de fruta. Processamento de dados, tediosamente reconstruindo os fios 3D de cada neurônio do cérebro da mosca, levaria cerca de cinco anos. Para obter uma imagem mais precisa do cérebro da mosca, então você tem de cortar cérebros e fazer muitos mais.

Gerry Rubin, da Howard Hughes Medical Institute, um dos líderes nesse campo, acredita que, no conjunto, um mapa detalhado de todo o cérebro da mosca de fruta levará ao uns 20 anos. *"Depois que resolvermos isso, eu diria que nós estamos, a um quinto do caminho para a compreensão da mente humana",* conclui. Rubin

percebe a enormidade da tarefa que ele enfrenta. O cérebro humano tem 1 milhão de vezes mais neurônios do que o cérebro de uma mosca de fruta. Se levar 20 anos para identificar cada único neurônio do cérebro da mosca, então certamente vai ter muitas décadas, além de identificar completamente a arquitetura neural do cérebro humano. Os custos deste projeto também serão enormes. Assim, os pesquisadores no campo da engenharia reversa do cérebro são frustrados. Eles veem que seu objetivo está tentadoramente perto, mas a falta de recursos dificulta o seu trabalho. No entanto, parece razoável supor que em algum momento em meados deste século, teremos o poder do computador para simular o cérebro humano e também mapear a arquitetura neural bruta do cérebro. Mas pode muito bem levar até o final deste século, antes de compreender o pensamento humano, ou poderemos criar uma máquina que pode duplicar as funções do cérebro humano.

Por exemplo, mesmo se você tiver a exata localização de cada gene no interior de uma formiga, isso não significa que você sabe como um formigueiro é criado. Da mesma forma, apenas porque os cientistas conhecem agora que os cerca de 25 mil genes que compõem o genoma humano, não significa que eles sabem como funciona o corpo humano. O Projeto Genoma Humano é como um dicionário, sem definições. Cada um dos genes do corpo humano é contado explicitamente neste dicionário, mas o que cada um faz é ainda em grande parte um mistério. Cada gene codifica uma determinada proteína, mas não se sabe como a maioria destas proteínas funciona, no organismo. Para trás em 1986, os cientistas foram capazes de mapear completamente a localização de todos os neurônios no sistema nervoso do verme C. elegans. Este foi inicialmente anunciado como um avanço que permitiria decodificar o mistério do cérebro. Mas saber a localização exata das suas 302 células nervosas e 6000 sinapses químicas não produziu nenhuma nova compreensão de como funciona esse verme, mesmo décadas depois. Da mesma forma, vai demorar muitas décadas, mesmo após a engenharia reversa do cérebro humano finalmente entender como todas as partes trabalham e se ajustam juntas. Se for finalmente feita a engenharia reversa cérebro humano, e ele for completamente descodificado pelo final do século, então teremos dado um passo gigante na criação de robôs humanoides. Então o que está nos impedindo de agir?

Quando as máquinas se tornaram conscientes

Na série de filmes do *Exterminador do Futuro*, o Pentágono no orgulho de apresentar a *Skynet*, uma extensa rede de computadores infalivelmente projetada para controlar fielmente o arsenal nuclear dos EUA. Ele perfeitamente desempenha as suas funções até que um dia, em 1995, quando algo inesperado acontece. A *Skynet* se torna consciente. Os tratadores humanos Skynet, chocados ao perceber que sua criação foi se

tornando subitamente consciente, e tentam desligá-la. Mas eles estão muito atrasados. Em autodefesa, a Skynet decide que a única maneira de se proteger é para destruir a humanidade através do lançamento de uma devastadora guerra nuclear. Três bilhões de pessoas são incineradas brevemente em inúmeros infernos nucleares. Na sequência, após isso a Skynet desencadeia uma legião de robôs máquinas de matar para abater os atrasados remanescentes. A moderna a civilização se desmorona, reduzida a minúsculas, e bandos patéticos de desajustados e rebeldes. Ou pior, na trilogia *Matrix*, os humanos são tão primitivos que nem sequer percebem que as máquinas já estão agindo. O homem realiza o seus afazeres diários, pensando que tudo é normal, alheio ao fato de que eles estão realmente vivendo em casulos. Seu mundo é uma simulação da realidade virtual executada pelos robôs mestres. A "existência" do homem é apenas um programa de software, rodando dentro de um computador de grande porte, que está sendo alimentada em cérebros de seres humanos que vivem nestes casulos.

A única razão para que as máquinas se incomodarem mesmo é que os humanos ao redor são usados como baterias que alimentam o sistema. Hollywood, claro, faz a sua vida por assustar as calças fora de sua audiência. Mas isso levanta uma questão científica legítima: o que acontece quando robôs finalmente tornarem se tão inteligentes quanto nós? O que acontece quando os robôs despertarem e se tornarem conscientes? Cientistas debatem com vigor sobre a questão: se não como, mas quando este evento importante irá ocorrer.

Segundo alguns especialistas, as criações de nossos robôs vão aumentar gradualmente até a árvore evolutiva. Hoje, eles são tão inteligentes quanto às baratas. No futuro, eles serão tão inteligentes como os ratos, coelhos, cães e gatos, macacos, e então eles vão virar os rivais dos seres humanos. Poderá levar décadas para subir lentamente por esse caminho, mas eles acreditam que é apenas uma questão de tempo antes que as máquinas nos ultrapassem em inteligência. Os pesquisadores da IA estão divididos sobre a questão de quando isso poderia acontecer. Alguns dizem que dentro de 20 anos os robôs irão superar a inteligência do cérebro do ser humano e depois nos deixar "comendo poeira". Em 1993, Vernor Vinge disse: *"Dentro de 30 anos, teremos os meios tecnológicos para criar a super inteligência humana. Pouco depois, a era humana estará encerrada... Eu ficaria surpreso se este evento ocorrer antes de 2005 ou após 2030"*.

Por outro lado, Douglas Hofstadter, autor de Gödel, Escher, Bach, diz: *"Eu ficaria muito surpreso se algo remotamente parecido com isto acontecesse nos próximos 100 ou 200 anos"*.

Quando falei com Marvin Minsky, do MIT, uma das figuras fundadoras da história da IA, ele teve o cuidado de me dizer que ele não coloca nenhum calendário sobre quando isso evento vai acontecer. Ele acredita que o dia chegará, mas se esquiva de ser o oráculo e prever a data precisa. (Sendo o grande homem da IA, um campo que ele ajudou a criar praticamente do zero, talvez ele tenha visto muitas previsões

falharem e criar uma folga). Uma grande parte do problema com estes cenários é que não há um consenso universal quanto ao significado da palavra consciência. Filósofos e os matemáticos têm se confrontado com a palavra durante séculos, e não têm nada para mostrar sobre ela. O pensador do século XVII, Gottfried Leibniz, inventor do cálculo, uma vez escreveu: *"Se você pudesse expandir o cérebro até o tamanho de um moinho e se pudesse andar lá por dentro, você não iria encontrar a consciência."* O filósofo David Chalmers não conseguiu sequer catalogar os cerca de 20.000 documentos escritos sobre o assunto, não havendo um consenso que seja. Em lugar nenhum na ciência, tantos têm dedicado tanto, para criar tão pouco.

A consciência, infelizmente, é uma palavra que significa coisas diferentes para pessoas diferentes. Infelizmente, não existe uma definição universalmente aceita da duração. Pessoalmente, penso que um dos problemas foi à falta de definição clara da consciência e, em seguida, a falta de quantificá-la. Mas se eu fosse arriscar um palpite, eu iria teorizar que a consciência consiste em pelo menos três componentes básicos: Detecção e reconhecendo do ambiente. Autoconsciência. Planejamento para o futuro, estabelecer metas e planos, ou seja, simulando o futuro e traçar estratégias.

Nesta abordagem, até mesmo máquinas simples e os insetos têm alguma forma de consciência, que podem ser classificados numericamente em uma escala de 1 a 10. Não há um continuum de consciência, que possa ser quantificado. Um martelo pode não perceber seu ambiente, por isso teria um pontuação 0 nesta escala. Mas um termostato pode. A essência de um termostato é que ele pode detectar a temperatura do ambiente e agir sobre ele, alterando-o, assim ele teria uma classificação de 1. Assim, máquinas com mecanismos de feedback tem uma forma primitiva de consciência. Os vermes também têm essa habilidade. Eles podem sentir a presença de alimentos, companheiros, e do perigo e agir sobre essa informação, mas poucos podem fazer outra coisa. Insetos, que podem detectar mais de um parâmetro (como a visão, pressão sonora, cheiros, etc.), teria um posto mais alto na escala numérica, talvez uns 2 ou 3.

A forma mais elevada do sensoriamento seria a capacidade de reconhecer e compreender os objetos no ambiente. Os seres humanos podem de imediato com a sua dimensão de ambiente, agir em conformidade e, consequentemente, conseguem a taxa elevada nesta escala. No entanto, este é o lugar onde os robôs mal pontuam.

O reconhecimento de padrões, como vimos, é um dos obstáculos principais para a inteligência artificial. Robôs podem sentir seus ambientes muito melhor do que os seres humanos, mas eles não entendem ou reconhecem o que eles veem. Nesta escala de consciência, os robôs pontuam quase perto do zero, perto dos insetos, devido à sua falta de reconhecimento de padrões.

O próximo nível mais elevado de consciência envolve autoconsciência. Se você colocar um espelho próximo à maioria dos animais machos, eles vão reagir imediatamente agressivamente, atacando mesmo o espelho. A imagem faz com que o animal defenda o seu território. Muitos animais possuem a consciência de quem eles

são. Mas os macacos, elefantes, golfinhos e algumas aves rapidamente percebem que a imagem no espelho representa a si próprios e deixam de atacá-lo. Os seres humanos se classificariam perto do topo desta escala, pois possui um sentido altamente desenvolvido de quem eles são em sua relação a outros animais, outros seres humanos, e no mundo. Além disso, os seres humanos são tão conscientes de si mesmos que eles podem falar silenciosamente com eles próprios, para que eles possam avaliar uma situação somente pensando. Em terceiro lugar, os animais podem ser classificados por sua capacidade de formular planos para o futuro. Insetos, com o melhor de nosso conhecimento, não definem metas elaboradas para o futuro. Em vez disso, na maioria das vezes, reagem a situações imediatas, numa base momento a momento, com base no instinto e sugestões do ambiente imediato. Nesse sentido, os predadores são mais conscientes do que presa. Predadores têm que planejar com antecedência, procurando lugares para se esconderem, pelo planejamento de emboscada, caçando, antecipando o voo da presa. As presas, entretanto, só pontuaram, no modo inferior no ranking desta escala. Além disso, os primatas podem improvisar como eles fazem planos para o futuro imediato. Se eles são mostrados a uma banana que está fora de alcance, então eles poderiam elaborar estratégias para pegar essa banana, como o uso de uma vara. Assim, quando confrontados com um objetivo específico (alimentos ou trepidação), os primatas fariam planos para o futuro imediato para alcançar esse objetivo. Mas, no geral, os animais não têm um senso bem desenvolvido de um passado distante ou no futuro. Aparentemente, se não houvesse amanhã, no reino animal. Nós não temos nenhuma evidência de que eles consigam pensar em dias no futuro. (Animais irão armazenar alimentos em preparação para o inverno, mas isso é em grande parte genético: foram programadas pelos seus genes para reagir quando a temperatura caísse pela procura de alimento). Os seres humanos, no entanto, têm um sentido muito bem desenvolvido em termos de futuro e continuamente fazem planos. Estamos constantemente a fazer simulações da realidade em nossas cabeças. De fato, podemos contemplar planos muito além de nossas próprias vidas. Nós julgamos os outros seres humanos, de fato, pela sua capacidade de prever a evolução da situação e formular estratégias concretas. Uma parte importante da liderança é antecipar situações futuras, pesar os possíveis resultados e definir metas concretas nesse sentido. Em outras palavras, esta forma de consciência envolve predizer o futuro, ou seja, a criação de vários modelos que se aproximam de eventos futuros. Isso requer uma compreensão sofisticada do bom senso e as regras da natureza. Isso significa que você pergunte a si mesmo "e se" repetidamente. Seja planejando assaltar um banco ou correr para o presidente, esse tipo de planejamento significa ser capaz de rodar as várias simulações de realidades possíveis em sua cabeça. Todas as indicações são de que apenas os humanos que dominam essa arte na natureza. Também vemos isso quando os perfis psicológicos de assuntos de teste são analisados. Os psicólogos costumam comparar os perfis psicológicos dos adultos a seus perfis, quando eles eram crianças. Então uma

pergunta: Qual é a qualidade que previu seu sucesso no casamento, carreira, riqueza, etc.? Quando se compensa fatores socioeconômicos, verifica-se que uma característica, por vezes, se destaca de todas as outras: a capacidade de atraso, gratificação. De acordo com os estudos de longo prazo de Walter Mischel da Universidade de Columbia, e muitos outros, as crianças que foram capazes de se abster de gratificação imediata (por exemplo, comer um marshmallow dado a elas) conseguiriam uma recompensa maior de longa duração (dois marshmallows ao invés de um) Consistentemente os resultados mais altos em quase qualquer medida de sucesso futuro, SATs, amor, vida e carreira. Mas ser capazes de adiar a gratificação também se refere a um nível superior de consciência e percepção. Essas crianças foram capazes de simular o futuro e perceberam que as recompensas futuras seriam maiores. Portanto, ser capaz de ver as consequências futuras das nossas ações requer um nível maior de consciência. Os pesquisadores da IA, portanto, devem ter como objetivo criar um robô com todas as três características. O primeiro é difícil de alcançar, uma vez que os robôs podem sentir o seu ambiente, mas não podem tirar um sentido dele. A autoconsciência é mais fácil de alcançar. Mas o planejamento para o futuro exige bom senso, uma intuitiva compreensão do que é possível, e estratégias concretas para atingir objetivos específicos. Assim, vemos que o senso comum é um pré-requisito para o nível mais alto de consciência. Para que um robô possa simular a realidade e prever o futuro, deve primeiro ser mestre em milhões de regras de senso comum sobre o mundo ao seu redor. Mas o senso comum não é suficiente. O senso comum é apenas a regra "do jogo", ao invés de regras de estratégia e planejamento. Nesta escala, podemos classificar os vários robôs que foram criados. Vemos que o Deep Blue, a máquina de jogar xadrez, se classificaria muito baixo. Ele pode bater o campeão mundial de xadrez, mas não pode fazer mais nada. São capazes de executar uma simulação da realidade, mas apenas para jogar xadrez. São incapazes de executar simulações de qualquer outra realidade. Isto é verdade para muitos dos maiores computadores mundo. Destacam-se por simular a realidade de um objeto, por exemplo, a modelagem de uma detonação nuclear, os padrões de vento em torno de um avião a jato, ou o tempo. Esses computadores podem executar simulações de realidade muito melhor do que qualquer ser humano. Mas eles também são lamentavelmente unidimensionais e, portanto, inúteis em sobreviver no mundo real. Hoje, os pesquisadores da IA são céticos sobre como duplicar todos esses processos em um robô. A maioria joga acima de suas mãos e dizer que de alguma forma ampla as redes de computadores irão mostrar os "fenômenos emergentes" da mesma forma que a ordem espontânea, por vezes coalescem do caos. Quando perguntado exatamente como esses fenômenos emergentes irão criar mais consciência, e revirar os olhos para os céus. Ainda não sabemos como criar um robô com consciência, podemos imaginar o que um robô parecido com que existe de mais avançado do que nós, uma vez neste quadro para medir a consciência. E na terceira característica: eles seriam capazes de executar simulações complexas do futuro muito adiante de nós, a partir de

perspectivas maiores, com mais detalhes e profundidade. Suas simulações seriam mais precisas que as nossas, porque teriam uma melhor compreensão do senso comum e as regras de natureza e, portanto, mais capazes de expulsar os padrões. Eles seriam capazes de antecipar problemas que podem ser ignorados ou não estarmos cientes. Além disso, eles seriam capazes de definir seus próprios objetivos. Se os seus objetivos incluem ajudar a raça humana, então está tudo bem. Mas se um dia eles formularem metas em que os seres humanos estão no seu caminho, isso poderá ter consequências desagradáveis. Mas isto levanta a seguinte pergunta: O que acontece com os seres humanos neste cenário?

Quando os robôs ultrapassarem os seres humanos

Em um cenário, nós, seres humanos insignificantes somos simplesmente deixados de lado como uma relíquia da evolução. É uma lei da evolução que as espécies surgem aptas a deslocar as espécies impróprias; e talvez os seres humanos fiquem perdidos na confusão, acabaremos em liquidação nos jardins zoológicos, onde as nossas criações robóticas caminharam para nos olhar. Talvez seja o nosso destino: darmos à luz a esses super-robôs que nos tratem como uma nota embaraçosamente primitiva em sua evolução. Talvez seja o nosso papel na história, para darmos à luz aos nossos sucessores evolutivos. Nesta visão, o nosso papel é o de sair do seu caminho.

Douglas Hofstadter confidenciou-me que esta poderia ser a ordem natural das coisas, mas devemos tratar estes robôs superinteligentes como fazemos com as nossas crianças, porque é isso que eles têm algum sentido. Se nós podemos cuidar de nossos filhos, ele disse para mim, então por que não podemos também nos preocupamos com robôs inteligentes, que são também os nossos filhos? Hans Moravec contempla como podemos nos sentir sendo deixados na poeira pelos nossos robôs: a vida "... pode parecer sem sentido, se estamos predestinados a gastá-la olhando estupidamente na nossa descendência ultra inteligente como eles tentam descrever suas descobertas cada vez mais espetaculares em fala de bebê que podemos compreender."

Quando finalmente chegar o fatídico dia em que os robôs serão mais espertos do que nós, não somente nós deixaremos de ser, os seres mais inteligentes na Terra, mas as nossas criações poderão fazer cópias de si próprios que são ainda mais inteligentes do que eles. Esse exército de robôs auto replicantes, então, criarão infinitas gerações futuras de robôs, cada um mais esperta do que a anterior. Uma vez que os robôs podem, teoricamente, produzir cada vez mais gerações inteligentes de robôs em um período muito curto de tempo, eventualmente, este processo vai explodir exponencialmente, até que eles comecem a devorar os recursos do planeta em sua busca insaciável de se tornar cada vez mais inteligentes.

Em um cenário, este apetite voraz por informações cada vez maiores acabará por devastar os recursos de todo o planeta, assim a Terra inteira se tornaria um computador. Alguns preveem estes robôs superinteligentes, em seguida, atirando para o espaço para continuar sua busca para obter mais informações, até que chegarão a outros planetas, estrelas e galáxias, a fim de convertê-los em computadores. Mas desde que os planetas, estrelas e galáxias estão tão incrivelmente longe, talvez os computadores pudessem alterar as leis da física assim o seu apetite voraz de corrida poderia ir mais rápido que a velocidade da luz para consumir sistemas estelares inteiros e galáxias. Alguns ainda acreditam que poderiam consumir todo o universo, de modo que o universo se tornaria inteligente. Esta é a "singularidade". A palavra veio originalmente do mundo da física relativista, a minha especialidade pessoal, onde uma singularidade representa um ponto de gravidade infinita, da qual nada pode escapar, como um buraco negro. Porque a própria luz não consegue escapar, é um horizonte além do qual não podemos ver.

A ideia de uma singularidade em IA foi mencionada pela primeira vez em 1958, em uma conversa entre dois matemáticos, Stanislaw Ulam (que fez o avanço chave no projeto da bomba de hidrogênio) e John Von Neumann. Ulam escreveu: *"Uma conversa centrada sobre a evolução cada vez mais acelerada de tecnologias e mudanças no modo de vida humano, o que dá a aparência de se aproximar de alguma singularidade essencial na história da raça humana, além dos quais os assuntos humanos como nós os conheceram, não poderiam continuar"*. As versões de essa ideia ter sido retroceder ao redor por décadas. Mas foi então amplificadas e popularizadas pelos escritores de ficção científica e também pelo matemático Vernor Vinge em seus romances e ensaios. Mas isso deixa sem resposta a questão crucial: Quando será que a singularidade irá acontecer? Dentro de nossas vidas? Talvez no próximo século? Ou não? Nós lembraremos que os participantes na conferência de Asilomar 2009, colocaram a data, a qualquer momento entre 20 a 1.000 anos no futuro. Um homem que se tornou o porta-voz da singularidade é inventor e autor best-seller Ray Kurzweil, que tem uma inclinação para a tomada de previsões com base no crescimento exponencial da tecnologia. Kurzweil uma vez me disse que quando ele olha para as estrelas distantes, à noite, talvez deva ser capaz de ver algumas provas cósmicas da singularidade acontecendo em alguma galáxia distante.

Com a habilidade de devorar ou reorganizar sistemas estelares totalmente, deve ter alguma pegada deixada para trás por essa singularidade se expandindo rapidamente. (Seus detratores dizem que ele está chicoteando acima de um fervor quase religioso ao redor da singularidade. No entanto, seus defensores dizem que ele tem uma incrível capacidade de ver corretamente para o futuro, a julgar pelo seu histórico.) Kurzweil cortou seus dentes sobre a revolução do computador, iniciando-se as empresas em diversas áreas que envolvem reconhecimento de padrões, como

reconhecimento de voz tecnologia de reconhecimento óptico de caracteres, e instrumentos de teclado eletrônico.

Em 1999, ele escreveu um best-seller, The Age of Spiritual Machines: When Computers Exceed Human Intelligence, que previu que, quando os robôs nos ultrapassariam em inteligência. Em 2005, ele escreveu: *"A Singularidade está próxima, e elaborada sobre as previsões. O dia fatídico, quando os computadores ultrapassarem a inteligência humana virá em etapas"*. Em 2019, ele prevê que um computador pessoal de $ 1.000 terá tanto poder quanto um cérebro humano. Logo depois, os computadores vão nos deixar na poeira. Até o ano 2029, um computador de 1.000 dólares pessoal será mil vezes mais poderoso do que um cérebro humano. Em 2045, um computador de 1.000 dólares será um bilhão de vezes mais inteligente do que todos os humanos combinados. Mesmo pequenos computadores vão ultrapassar a capacidade de toda a raça humana. Após 2045, os computadores se tornam tão avançados que farão cópias de si mesmos que se tornarão cada vez mais inteligentes, criando uma singularidade fugitiva. Para satisfazer os seus intermináveis apetites vorazes por energia de computador, eles começaram a devorar a Terra, os asteroides, planetas e estrelas, e até mesmo afetar a história cosmológica do próprio universo. Eu tive a oportunidade de visitar Kurzweil em seu escritório nos arredores de Boston. Caminhando pelo corredor, você vê os prémios e honrarias que recebeu, bem como alguns dos instrumentos musicais que ele criou que são usados por músicos top, como Stevie Wonder. Ele me explicou que houve uma virada num momento de sua vida. Ela veio quando ele foi inesperadamente diagnosticado com diabetes tipo II, quando ele tinha trinta e cinco anos. De repente, ele foi confrontado com a dura realidade que ele não viveria o suficiente para ver suas previsões se tornar realidade. Seu corpo, depois de anos de negligência, tinha a idade superior à sua idade. Aturdido pelo presente diagnóstico, ele agora atacou o problema de saúde pessoal com o mesmo entusiasmo e energia que ele usou para a revolução do computador. (Hoje, ele consome mais de 100 comprimidos por dia e tem escrito livros sobre a revolução da longevidade. Ele espera que a revolução nos robôs microscópicos possa limpar e reparar o corpo humano para que ele possa viver para sempre. Sua filosofia é de que ele gostaria de viver o tempo suficiente para ver os avanços da medicina que possam prolongar a nossa vida e se estender indefinidamente. Em outras palavras, ele quer viver o suficiente para viver para sempre). Recentemente, ele embarcou em um ambicioso plano para lançar a Universidade da Singularidade, com base no laboratório de Ames da NASA na Bay Area, que treina um quadro de cientistas para se preparar para a vinda da singularidade. Há muitas variações e combinações destes vários temas. Kurzweil acredita que, *"Não vai ser uma invasão de máquinas inteligentes que irão surgir no horizonte. Estaremos caminhando para nos fundirmos com esta tecnologia... Nós vamos colocar esses dispositivos inteligentes em nossos corpos e cérebros para nos fazer viver mais tempo e sermos mais saudáveis"*. Qualquer ideia controversa como a

singularidade é obrigada a desencadear uma reação. Mitch Kapor, fundador da Lotus Development Corporation, diz que a singularidade é o *"Design inteligente para pessoas de QI 140... Esta proposição de que estamos caminhando para este ponto em que tudo vai ser apenas inimaginavelmente diferente, é, fundamentalmente, em minha opinião, conduzido por um impulso religioso. E todos os frenéticos do braço acenando não poderão obscurecer este fato de mim."* Douglas Hofstadter, disse: *"É como se você comesse um monte de comida boa e algumas fezes de cachorro e misturasse tudo isso para que você não possa descobrir o que é bom ou ruim. É uma mistura íntima de lixo e das ideias boas, e é muito difícil separar as duas, porque são pessoas inteligentes, elas são não estúpidas."* Ninguém sabe como isso vai jogar fora. Mas eu acho que o cenário mais provável é o seguinte.

Cenário mis provável: uma IA amiga

Primeiro, os cientistas provavelmente irão tomar medidas simples para garantir que os robôs não fossem perigosos. No mínimo, os cientistas podem colocar um chip no cérebro do robô para desligá-los automaticamente se eles tiverem pensamentos homicidas. Nesta abordagem, todos os robôs inteligentes serão equipados com um mecanismo à prova de falhas que podem ser ligado por um ser humano em qualquer tempo, especialmente quando o comportamento de um robô exiba um errante. Ao menor indício de que um robô está funcionando mal, haverá uma voz comando imediata para encerrá-lo. Ou robôs caçadores especializados também podem ser criados, cujo dever é neutralizar os robôs desviantes. Estes caçadores de robô deverão ser especificamente concebidos para ter velocidade superior, força e coordenação, a fim de capturar robôs errantes. Eles serão projetados para entender os pontos fracos de qualquer sistema de robótico e como eles se comportam em determinadas condições. O homem também pode ser treinado nesta habilidade. No filme *Blade Runner,* um grupo de agentes especialmente treinados, incluindo um interpretado por Harrison Ford, é hábil nas técnicas necessárias para neutralizar qualquer tipo de robô desonesto.

Desde que levará muitas décadas de trabalho árduo para que os robôs lentamente subirem na escala evolutiva, não será em um súbito momento que a humanidade será capturada desprevenida e todos nós sejamos levados para zoológicos como gado. A consciência, a meu ver, é um processo que pode ser classificado em uma escala, ao invés de ser um evento evolucionário repentino, e vai levar muitas décadas para que os robôs subam nesta escala de consciência. Afinal, a Mãe Natureza levou milhões de anos para desenvolver a consciência humana. Assim, os humanos não serão pegos de surpresa se um dia quando a Internet de forma inesperada "acordar" ou robôs de repente começar a planejar por si próprios.

Esta é a opção preferida pelo escritor de ficção científica Isaac Asimov, que previu cada robô que fosse feito na fábrica conteria três leis para impedir que eles ficassem fora de controle. Ele concebeu suas famosas três leis da robótica para evitar robôs se destruam ou os seres humanos. (Basicamente, as três leis são: Que os robôs não devem ferir seres humanos, eles devem obedecer aos seres humanos, e eles devem proteger-se, nessa ordem.) (Mesmo com três leis de Asimov, também há problemas quando há contradições entre as três leis. Por exemplo, se cria um robô benevolente, o que acontece se a humanidade fizer escolhas autodestrutivas que poderiam pôr em risco a raça humana? Então, um robô simpático pode sentir que tem que aproveitar o controle do governo para evitar que a humanidade se destrua.

Este foi o problema enfrentado por Will Smith na versão do filme *Eu, Robô*, quando o computador central decide que "alguns seres humanos devem ser sacrificados e algumas liberdades devem ser entregues" a fim de salvar a humanidade. Para impedir que um robô nos escravize para nos salvar, alguns têm defendido que devemos adicionar a lei zero da robótica. robôs não podem ferir ou escravizar a raça humana). Mas muitos cientistas estão se inclinando em direção a algo chamado de "IA amigável", onde podemos projetar nossos robôs a serem benignos desde o início. Uma vez que seremos os criadores destes robôs, que iremos projetá-los, desde o início, para realizar tarefas úteis apenas e benevolentes.

O termo "inteligência artificial amigável" foi cunhado por Eliezer Yudkowsky, um dos fundadores do Instituto de Singularidade de Inteligência Artificial. Friendly da IA é um pouco diferente das leis de Asimov, que são forçadas sobre robôs, talvez contra sua vontade. (As leis de Asimov, imposta de fora, realmente pode convidar os robôs desenvolver maneiras inteligentes de contorná-las.) Na IA amigável, pelo contrário, os robôs são livres para cometer assassinato e mutilação. Não existem regras que impõem um moralidade artificial. Pelo contrário, estes robôs são projetados desde o início, a vontade de ajudar os seres humanos ao invés de destruí-los. Eles escolhem ser benevolentes. Isto deu origem a um novo campo chamado "robótica social", que é projetado para dar aos robôs as qualidades que irá ajudá-los a se integrar na sociedade humana. Cientistas da Hanson Robotics, por exemplo, afirmaram que uma missão para a sua pesquisa é criar robôs que "vão evoluir socialmente seres inteligentes, capazes de amar e ganhar um lugar na família humana." Mas um problema com todas estas abordagens é que o militar é, de longe, o maior financiador dos sistemas de inteligência artificial, e esses robôs militares são especificamente concebidos para acompanhar caçar, e matar seres humanos. Pode-se facilmente imaginar futuros soldados robotizados cuja missão é identificar os seres humanos inimigos e eliminá-los com absoluta eficiência. Teriam, então que tomar as precauções extraordinárias para garantir que os robôs não se virassem contra seus mestres também.

O Predator "drone", por exemplo, são dirigidos por controle remoto, portanto, não são seres humanos constantemente orientando os seus movimentos, mas um dia

destes drones poderão ser autônomos, capazes de selecionar e tirar as suas próprias metas à vontade. Uma avaria no avião tão autónoma pode levar a consequências desastrosas. No futuro, porém, mais e mais financiamentos para os robôs virão do setor civil comercial, especialmente do Japão, onde os robôs são desenhados para ajudar ao invés de destruir. Se esta tendência continuar, IA então talvez amigável pode se tornar realidade. Neste cenário, é o setor de consumo e as forças de mercado que acabarão por dominar a robótica, a fim de que haja um grande interesse comercial em investir na IA amigável.

A fusão com robôs

Além da IA amigável, existe também outra opção: a fusão com nossas criações. Em vez e simplesmente esperar que os robôs nos ultrapassassem em inteligência e poder, devemos tentar melhorar a nós mesmos, nos tornando super-humanos no processo. Muito provavelmente, eu acredito, o futuro irá prosseguir com uma combinação desses dois objetivos, ou seja, a construção de uma IA amigável e também melhorar a nós mesmos. Esta é uma opção que está sendo explorada por Rodney Brooks, ex-diretor do famoso Laboratório de Inteligência Artificial do MIT. Ele foi um contestador, derrubou ideias arraigadas, mas ossificadas e injetou inovação no campo. Quando a maioria entrou no campo, a abordagem *top-down *(de cima para baixo)* era dominante nas universidades. Mas o campo estava estagnado. Brooks levantou algumas sobrancelhas quando ele ligou para a criação de um exército de robôs inseto que aprenderam através da abordagem *bottom-up *(de baixo para cima)* por esbarrar em obstáculos. Ele não queria criar outro burro, e desajeitado robô que levasse horas para atravessar a sala.

Em vez disso, ele construiu ágeis "insectoides" ou "bugbots", que não tinham quase nenhuma programação em tudo, mas que rapidamente aprenderam a caminhar e a navegar ao redor de obstáculos por tentativa e erro. Ele imaginou o dia em que seus robôs que exploram o sistema solar, esbarrassem em coisas ao longo do caminho. Era uma ideia estranha, propôs em seu ensaio "rápido, barato, e fora de controle", mas sua abordagem levou a uma série de novas avenidas. Um subproduto da sua ideia é a Mars Rovers agora correndo sobre a superfície do Planeta Vermelho. Não surpreendentemente, ele também era o presidente da *iRobot*, uma empresa de aspiradores de pó que parecem insetos para as vendidos para famílias em supermercados de todo o país.

Um problema, segundo ele, é que os pesquisadores em inteligência artificial seguem modismos, adotando o paradigma do momento, ao invés de pensar em novas formas. Para exemplo, ele lembra: *"Quando eu era criança, eu tinha um livro que*

descreveu o cérebro como uma rede de comutação telefônica. Livros anteriores descreveram-no como um sistema hidrodinâmico ou um motor a vapor. Então, em 1960, tornou-se um computador digital. Na década de 1980, tornou-se um computador massivamente >paralelo< digital. Provavelmente não há um livro de criança por aí, que diz que o cérebro é apenas como a World Wide Web...". Por exemplo, alguns historiadores têm observado que a análise de Sigmund Freud da mente foi influenciada pela chegada da máquina a vapor. A propagação da ferrovias através da Europa, em meados dos anos 1800 teve um efeito profundo sobre o pensamento dos intelectuais. Na cabeça de Freud, havia fluxos de energia na mente que sempre competiu com outros fluxos, bem como nas tubagens de vapor em um motor. A interação constante entre o superego, o id, e o ego assemelhou-se à interação contínua entre as tubulações de vapor em uma locomotiva. E o fato de que a repressão destes fluxos de energia poderiam criar neuroses é análoga à forma com que a máquina a vapor, sem escape, pudesse ser explosiva.

Marvin Minsky admitiu para mim que outro campo com este paradigma estava equivocado, por muitos anos. Uma vez que muitos dos pesquisadores de IA são físicos antigos, há algo chamado "inveja da física", isto é, o desejo de encontrar o tema, único unificador subjacente a todas as informações. Em física, temos o desejo de seguir Einstein para reduzir o universo físico a um punhado de equações unificadoras, talvez, encontrar uma equação de uma polegada de comprimento que pode resumir o universo de uma ideia única e coerente. Minsky acredita que essa inveja levou os pesquisadores de IA para olhar para esse único tema aglutinador para a consciência. Agora, ele acredita que não há tal coisa. A Evolução do acaso remendada um monte de técnicas que coletivamente chamamos de consciência. Leve para além do cérebro, e você encontrará um conjunto disperso de mini cérebros, cada um projetado para executar uma tarefa específica. Ele chama isso de "sociedade da mente": que a consciência é, na verdade a soma de muitos algoritmos distintos e técnicas que a natureza tropeçou ao longo de milhões de anos.

Rodney Brooks também foi à procura de um paradigma semelhante, mas que nunca havia sido explorado antes. Ele logo percebeu que a Mãe Natureza e a evolução já tinham resolvido muitos desses problemas. Por exemplo, um mosquito, com apenas algumas centenas de milhares de neurônios, pode superar o sistema robótico militar. Ao contrário dos nossos drones que voam como mosquitos, com cérebros menores do que a cabeça de um alfinete pode navegar de forma independente em torno de obstáculos, encontrar alimento e os companheiros. Porque não aprender com a natureza e a biologia? Se você seguir a escala evolutiva, você aprenderá que insetos e ratos não têm as regras da lógica programada em seus cérebros. Foi através de tentativa e erro que conquistaram o mundo e dominaram a arte da sobrevivência.

Agora ele está buscando ainda uma ideia herética, contida em seu ensaio. *"A Incorporação de Carne e Máquinas*". Ele observa que os velhos laboratórios no MIT,

que criavam componentes de silício para robôs industriais e militares, estão agora sendo passados á limpo, abrindo caminho para uma nova geração de robôs feitos de tecido vivo, bem como silício e aço. Ele prevê toda uma nova geração de robôs que se casarão com sistemas biológicos e eletrônicos para criar inteiramente novas arquiteturas para robôs. Ele escreve: *"Minha previsão é que até o ano de 2100, teremos robôs muito inteligentes em toda a nossa vida quotidiana. Mas não vamos nos separar deles, uma vez que, seremos parte robô <estaremos conectados com os robôs>. "*Ele vê isto progredir em etapas. Hoje, temos a revolução em curso nas próteses, inserindo eletrônica diretamente no corpo humano para criar substitutos realistas para a audição, visão, e outras funções. Por exemplo, a cóclea artificial revolucionou o campo da audiologia, devolvendo o presente da audição para o surdo. Estes trabalhos sobre a cóclea artificial ligando equipamentos eletrônicos com "wetware" biológico, ou seja, os neurônios.

O implante coclear tem vários componentes. Um microfone é colocado fora da orelha. Ele recebe as ondas sonoras, os processa e transmite os sinais via rádio para a implante que é cirurgicamente colocado dentro do ouvido. O implante recebe as mensagens de rádio e converte-os em correntes elétricas que são enviadas para baixo dos eletrodos na orelha. A cóclea reconhece estes impulsos elétricos e os envia para o cérebro. Esses implantes podem usar até 2004 eletrodos e pode processar meia dúzia de frequências, o suficiente para reconhecer a voz humana. Já existem, 150.000 pessoas em todo o mundo que tem implantes cocleares.

Vários grupos estão explorando formas de ajudar os cegos através da criação de visão artificial, conectar uma câmera ao cérebro humano. Um método é diretamente inserir o chip de silício na retina da pessoa e colocar o chip de neurônios da retina. Outra é conectar o chip a um cabo especial que é conectado à parte traseira do crânio, onde o cérebro processa a visão. Esses grupos, pela primeira vez na história, foram capazes de restaurar um grau de visão para os cegos. Os pacientes foram capazes de ver até 50 pixels de iluminação antes deles. Eventualmente, os cientistas deverão ser capazes de escalar isso de forma que eles possam enxergar á milhares de pixels.

Os pacientes podem ver fogos de artifício, os contornos das suas mãos, objetos brilhando e luzes, a presença de carros e pessoas, e as bordas dos objetos. *"Nos Jogos da Little League, eu posso ver onde o coletor passa, e onde está o árbitro",* diz Linda Morfoot, um dos assuntos de teste. Até agora, trinta pacientes ganharam retinas artificiais com até sessenta eletrodos. Mas o Departamento de Retina Artificial Energy Project, com sede na Universidade do Sul da Califórnia, já está planejando um novo sistema com mais de 200 eletrodos. Um dispositivo com 1000-eletrodos também está sendo estudado (mas se eletrodos demais forem inseridos no chip, poderiam causar o superaquecimento da retina). Neste sistema, uma micro câmera montada sobre uma pessoa cega e óculos que tiram fotos e as enviam sem fio a um microprocessador, usado em um cinto, que retransmite as informações para o chip colocado diretamente sobre a

retina. Este chip envia pequenos impulsos diretamente os nervos da retina que ainda estão ativos, ultrapassando assim as células da retina com defeito.

A mão robótica semelhante á de Star Wars

Usando melhorias mecânicas, pode-se duplicar também os feitos de ficção científica, incluindo a mão robótica de Star Wars e a visão de raios-X de Superman. Em *O Império Contra-Ataca*, Luke Skywalker teve a mão decepada por um sabre de luz empunhado pelo malvado Darth Vader, seu pai. Sem problema. Os cientistas nesta galáxia distante podem criar rapidamente uma mão mecânica nova, completa com os dedos que podem tocar e sentir. Isto pode soar como ficção científica, mas já existe. Um avanço significativo foi feito por cientistas da Itália e da Suécia, que realmente fizeram uma mão robótica que pode "sentir". Um sujeito, Robin Ekenstam, de uns 22 anos de idade que teve a mão direita amputada para remover um tumor cancerígeno, pode agora controlar o movimento dos dedos mecânicos e sentir a resposta.

Médicos ligaram os nervos no braço de Ekenstam nos chips contidos em sua mão mecânica para que ele possa controlar os movimentos dos dedos com seu cérebro. A "mão inteligente" artificial tem quatro motores e quarenta sensores. O movimento dos dedos mecânicos é retransmitido para o seu cérebro para que ele tenha um feedback. Desta forma, ele é capaz de controlar e também "sentir" o movimento da mão. Desde o Feedback é uma das características essenciais do movimento do corpo, isso pode revolucionar a maneira como lidamos com amputados com próteses. Ekenstam diz: *"É ótimo. Eu tenho um sentido que eu não tinha há muito tempo. Agora eu estou começando a ter sensação de volta. Se eu pegar alguma coisa bem, então eu posso senti-lo na ponta dos dedos, o que é estranho, pois eu não os tenho mais."* Um dos investigadores, Christian Cipriani da Scuola Superiore Sant'Anna, diz: *"Primeiro, o cérebro controla o lado mecânico sem quaisquer contrações de músculos. Em segundo lugar, a mão será capaz de dar feedback ao paciente para que ele seja capaz de sentir. Assim como se fosse uma mão real."* Esta evolução é significativa, pois significa que um dia os humanos poderão facilmente controlar os membros mecânicos, como se fossem de carne e osso. Em vez de tediosamente de aprender a mover braços e pernas de metal, as pessoas vão tratar estes apêndices mecânicos, como se fossem reais, sentindo todos os nuances dos movimentos dos membros, através de mecanismos de feedback eletrônico.

Esta é também uma evidência de uma teoria que diz que o cérebro é extremamente plástico, não fixo, e constantemente religa-se como ele aprende novas tarefas e se ajusta às novas situações. Assim, o cérebro será adaptável o suficiente para acomodar qualquer novo apêndice ou órgão do sentido. Eles podem ser associados ao

cérebro em locais diferentes, e o cérebro simplesmente "aprendem" a controlar esse novo anexo. Se assim for, então o cérebro pode ser visto como um dispositivo modular, capaz de ligar e depois controlar apêndices diferentes e sensores de dispositivos diferentes. Este tipo de comportamento poderia ser esperado se o nosso cérebro fosse uma rede neural de uma espécie que faz com que novas conexões e vias neurais, cada vez que ele aprende uma nova tarefa, o que quer que a tarefa possa ser.

Rodney Brooks escreve: *"Ao longo dos próximos 10 a 20 anos, haverá uma mudança cultural, no qual vamos adotar a tecnologia robótica, silício e aço nos nossos corpos para melhorar o que podemos fazer e compreender o mundo."* Quando Brooks analisa os progressos realizados na Universidade de Brown e da Universidade Duke, em ligar diretamente o cérebro a um computador ou um braço mecânico, ele conclui: *"Todos nós podemos ser capazes de ter uma conexão de Internet sem fio instalada diretamente em nossos cérebros."* Na próxima fase, ele vê na concentração de silício e de células vivas não apenas para curar os males do corpo, mas lentamente melhorar nossas capacidades. Por exemplo, se coclear de hoje e implantes de retina podem restaurar a audição e a visão, o amanhã pode nos dar também habilidades sobre-humanas. Seríamos capazes de ouvir os sons que só os cães podem ouvir ou ver UV, infravermelho e raios-X. Pode ser possível aumentar nossa inteligência também. Brooks cita uma pesquisa em que camadas extras de neurônios foram adicionadas ao cérebro de um rato em um momento crítico em seu desenvolvimento. Notavelmente, as habilidades cognitivas desses ratos foram aumentadas. Ele prevê um tempo no futuro próximo, quando a inteligência do cérebro o ser humano também puder ser melhorada através de um processo semelhante. Em um capítulo posterior, veremos que os biólogos já isolaram um gene em ratos que a mídia tem apelidado de "gene do super-rato." Com a adição desse gene, os camundongos têm maior quantidade de memória e maior capacidade de aprendizagem. E até meados do século, Brooks prevê um momento em que melhorias aparentemente fantasiosas do corpo poderão ser possíveis, dando-nos habilidades além das do ser humano comum. *"Daqui a cinquenta anos, podemos esperar ver uma modificação radical do corpo humano através de modificação genética." Quando você adicionar também acessórios eletrônicos"*, o zoo humano irá expandir de maneira inimaginável para nós hoje em dia... *Nós já não nos encontramos confinados pela teoria da evolução Darwin "*, diz ele. Mas nada, claro, pode ser levado muito longe. Até que ponto deverá ir com a fusão com nossas criações robô antes que algumas pessoas rebeldes e repulsivas puder alcançar isso?

Réplica e Avatares

Uma maneira pela qual se fundir com robôs, mas sem alterar o corpo humano, é criar substitutos ou avatares. No filme *Os Substitutos*, estrelado por Bruce Willis, no ano de 2017 os cientistas descobriram uma forma das pessoas controlar robôs como se estivessem dentro delas, para que possamos viver nossas vidas em corpos perfeitos. O robô responde a cada comando, e se a pessoa vê e sente tudo o que o robô vê e sente. Enquanto os nossos corpos mortais sofrem com a decadência e murcham, podemos controlar os movimentos do nosso substituto robô, que tem poderes sobrenaturais e está perfeitamente em forma. O filme torna-se complicado porque as pessoas preferem viver suas vidas como robôs bonitos, belos, e superpoderosos, abandonando seus corpos em decomposição, que são convenientemente escondidos. A raça humana inteira, na verdade, de bom grado se torna robótica, em vez de enfrentar a realidade. No filme *Avatar*, isso é levado um passo adiante. Em vez de viver nossas vidas como robôs perfeitos, no ano de 2154 poderão ser capazes de viver como seres alienígenas. No filme, os nossos corpos são colocados em casulos, que depois nos permite controlar o movimento de corpos estranhos, especialmente clonados. Em certo sentido, nos serão inteiramente dados, novos corpos para viver em um planeta novo. Desta forma, podemos comunicar melhor com uma população nativa alienígena em outros planetas.

A trama esquenta quando no filme um trabalhador decide abandonar sua humanidade e viver a sua vida como um estrangeiro, protegendo-os de mercenários. Estes substitutos e avatares não são possíveis hoje, mas poderão ser possível no futuro. Recentemente, o ASIMO foi programado com uma nova ideia: sensoriamento remoto. Da Universidade de Kyoto, os humanos foram treinados para controlar a mecânica do movimento de robôs usando sensores cerebrais. Por exemplo, colocar um capacete de EEG, os estudantes podem mover os braços e as pernas do ASIMO, basta pensar. Até agora, quatro movimentos distintos dos braços e da cabeça são possíveis. Isto pode abrir a porta para outro reino da IA: robôs controlados pela mente.

Embora esta seja uma demonstração bruta da mente sobre a matéria, nas próximas décadas, deverá ser possível aumentar o conjunto de movimentos que podemos controlar em um robô, e também para obter feedback, para que possamos "sentir" com as nossas novas mãos robóticas. As lentes de contato ou óculos que nos permitem ver o que os robôs estão vendo, por isso podemos eventualmente ter total controle sobre movimentos do corpo. Isso também pode ajudar a aliviar o problema da imigração para o Japão. Os pesquisadores podem estar localizados em países diferentes, mas milhares de quilômetros de controle de robôs afastados pela colocação de sensores cerebrais. Portanto, não só a Internet pode levar pensamentos de pesquisadores de colarinho branco, mas também pode levar a pensamentos de operários e traduzi-las em movimento físico. Isso pode significar que os robôs se tornarão parte integrante de qualquer nação, lutando contra os custos, explodindo de saúde e contra a escassez de pesquisadores. Controlando robôs por sensoriamento remoto também pode ter aplicações em outros lugares. Em qualquer ambiente perigoso

(por exemplo, debaixo d'água, perto de linhas de alta tensão, em incêndios), robôs controlados por pensamentos humanos podem ser usados em missões de salvamento. Ou robôs submarinos podem ser conectados diretamente aos seres humanos, de modo que os seres humanos podem controlar a natação dos robôs por muitos pensamentos individuais. Uma vez que o substituto teria superpoderes, ele seria capaz de perseguir os criminosos (a menos que os criminosos também tenham superpoderes substitutos). Um teria todas as vantagens de se fundir com os robôs sem mudar nossos corpos em tudo. Esse arranjo pode realmente ser útil para a exploração espacial, quando temos de administrar uma base lunar permanente. Nossos substitutos podem executar todas as tarefas perigosas à manutenção da base lunar, enquanto os astronautas estão a salvo de volta na Terra. Os astronautas teriam a super-força e superpoderes dos robôs, enquanto exploram uma paisagem com alienígenas perigosos. (Isso não iria funcionar se os astronautas substitutos que estão sobre a Terra no controle em Marte, no entanto, uma vez que os sinais de rádio levariam até 40 minutos para ir da Terra a Marte e voltar. Mas funcionaria se os astronautas estivessem sentados com segurança em uma base permanente em Marte, enquanto os substitutos saíram e realizaram tarefas perigosas na superfície marciana).

Até onde vai a fusão dos robôs?

O pioneiro com robôs Hans Moravec leva muito mais longe e imagina uma versão extrema desta: vamos nos tornar muito dos robôs que temos construído. Ele explicou-me como nós podemos mesclar com criações dos nossos robôs submetendo-se a uma operação no cérebro que substitui cada neurônio do nosso cérebro com um transistor dentro de um robô. A operação começa quando mentimos ao lado de um corpo do robô sem cérebro. Um cirurgião robótico leva cada cluster de matéria cinzenta em nosso cérebro, faz duplicatas de transistor por transistor, liga os neurônios para os transistores, os transistores e coloca dentro do crânio do robô vazio. Como cada grupo de neurônios é repetido no robô, ele é descartado. Estamos plenamente conscientes que esta delicada operação ocorre.
Parte do nosso cérebro está dentro de nosso corpo velho, mas a outra parte é agora feita de transistores dentro de nosso novo corpo robô. Após a operação terminar, o nosso cérebro terá sido totalmente transferido para o corpo de um robô. Não só teremos um corpo robótico, temos também os benefícios de um robô: a imortalidade em corpos super-humanos que são perfeitos na sua aparência. Isso não vai ser possível no século XXI, mas se tornará uma opção no vigésimo segundo.

No cenário final, nós rejeitamos os nossos corpos completamente desajeitados e, eventualmente, evoluiremos para programas de software puro que codificam nossas

personalidades. Nós faremos o *"Download"* de toda a nossa personalidade em um computador. Se alguém aperta um botão com o seu nome nele, então o computador se comporta como se estivesse dentro de sua memória, uma vez que foram codificados todos os caprichos de sua personalidade dentro de seus circuitos. Nós nos tornaremos imortais, mas gastar o nosso tempo preso dentro de um computador, sem interagir com outras "pessoas" (isto é, outros programas de software) num, ciberespaço gigantesco de realidade virtual.

Nossa existência física será descartada, substituída pelo movimento dos elétrons nesse gigantesco computador. Nesta foto, nosso destino final é encerrar as linhas de código neste vasto programa de computador, com todas as sensações do corpo físico aparente dançando em um paraíso virtual. Vamos partilhar pensamentos profundos com outras linhas de código de computador, vivendo esta grande ilusão. Faremos grandes façanhas heroicas conquistaremos novos mundos, alheios ao fato de que estamos apenas a dançar dentro de alguns elétrons dentro do computador. Até que, naturalmente, alguém bate no botão de desligar. Mas um problema com esses cenários longínquos é o Cave Man Princípio.

Como mencionamos anteriormente, a arquitetura do nosso cérebro é o de um primitivo de caçador-coletor que emergiu da África mais de 100 mil anos atrás. Nossos desejos mais profundos, nossos apetites, nossos desejos foram todos obtidos na pastos da África como evasão de predadores, caça para o jogo, foragidos nas florestas, olhando para seus companheiros e se nos divertindo na fogueira. Uma das nossas diretrizes principais, enterradas no fundo da estrutura do nosso pensamento, é ter uma boa aparência, especialmente com o sexo oposto e os nossos pares. Uma enorme fração de nossa renda disponível, depois de entretenimento, é dedicada à nossa aparência. É por isso que tivemos o crescimento explosivo em cirurgia plástica, botox, produtos de limpeza, roupas sofisticadas, bem como aprender novos passos de dança, na construção muscular, comprar a música mais recente, e manter o ajuste. Se você juntar tudo isto, torna-se uma enorme parcela dos gastos dos consumidores, o que gera uma grande fração da economia dos EUA. Isso significa que, mesmo com a capacidade de criar corpos perfeitos que são quase imortais, provavelmente vamos resistir ao desejo de corpos robóticos se olharmos como um robô desajeitado com implantes pendurados para fora de nossas cabeças. Ninguém quer parecer como um refugiado de um filme de ficção científica. Se tivermos corpos reforçados, eles devem nos fazer atraentes para o sexo oposto e melhorar a nossa reputação entre os nossos pares, ou vamos rejeitá-las. O adolescente quer ser aprimorado, mas parecer menos "cool"?

Alguns escritores de ficção científica que adoraram a ideia de que tudo vai se tornar independente de nossos corpos e existem como seres imortais de inteligência pura vivendo dentro de alguns computadores, contemplando pensamentos profundos. Mas quem gostaria de viver assim? Talvez os nossos descendentes não fossem querer resolver equações diferenciais que descrevem um buraco negro. No futuro, as pessoas

podem querer passar mais tempo ouvindo música rock a moda antiga que calcular os movimentos das partículas subatômicas, enquanto viverem dentro de um computador.

Greg Banco de UCLA vai mais longe e localiza que existem poucas vantagens de ter o cérebro ligado a um supercomputador. Ele disse: "Quando eu tento pensar do que eu poderia ganhar por ter um vínculo de trabalho entre meu cérebro e um supercomputador, estou frustrado se eu insistir em dois critérios: que os benefícios não podem ser tão facilmente alcançados através de algum procedimento, outra em ser não invasiva, e que os benefícios devem valer a pena o desconforto de uma cirurgia no cérebro."

Portanto, embora haja muitas opções possíveis para o futuro, eu pessoalmente acredito que o caminho mais provável é que vamos construir robôs para ser benevolentes e amigáveis, reforçar nossas capacidades de certa forma, mas seguir o Cave Man Princípio. Vamos abraçar a ideia de viver temporariamente a vida de um SuperRobot através de substitutos, mas vai ser resistente à ideia de viver permanentemente as nossas vidas dentro de um computador ou alterar o nosso corpo até se tornar irreconhecível.

Barreiras à singularidade

Ninguém sabe quando os robôs poderão ser tão inteligentes quanto os humanos. Mas pessoalmente, eu colocaria a data próxima ao final do século por várias razões.

Primeiro, os avanços na tecnologia dos computadores deslumbrantes terem sido devidos á lei de Moore. Estes avanços vão começar a abrandar e poderão mesmo parar em torno de 2020-25, por isso não está claro se nós podemos confiantemente calcular a velocidade dos computadores para, além disso. (Veja Capítulo 4 para mais informações sobre a era pós silício.) Neste livro, eu assumi que o poder do computador vai continuar a crescer, mas a um ritmo mais lento.

Segundo, mesmo que um computador possa calcular a velocidades fantásticas como 1016 cálculos por segundo, isto não significa necessariamente que ele é mais esperto do que nós. Por exemplo, o Deep Blue, da IBM, máquina de jogar xadrez, poderia analisar 200 milhões de posições por segundo, batendo o campeão do mundo. Mas o Deep Blue, em todo o seu poder de computação a sua velocidade crua, não pode fazer mais nada.

A verdadeira inteligência, soubemos, é muito mais do que calcular as posições de xadrez. Por exemplo, os autistas *Savants* podem realizar feitos milagrosos de memorização e de cálculo. Mas eles têm dificuldade em amarrar os cadarços, conseguir um emprego, ou interagir no funcionamento da sociedade.

O falecido Kim Peek, que foi tão marcante que o filme *Rain Man* foi baseado em sua vida extraordinária, memorizava cada palavra em 12.000 livros e podia

realizar cálculos que apenas um computador poderia verificar. No entanto, ele tinha um QI de 73, teve dificuldade em manter uma conversação, e precisava de ajuda constante para sobreviver. Sem ajuda do pai, ele ficou amplamente desamparado. Em outras palavras, os supercomputadores do futuro serão como os autistas "savants", capazes de memorizar grandes quantidades de informação, mas não muito mais, incapazes de sobreviver no mundo real por conta própria.

Mesmo que os computadores comecem a coincidir com a velocidade de computação do cérebro, eles ainda não têm o software necessário e de programação para fazer tudo do trabalho. Combinar a velocidade de computação com a do cérebro é apenas o começo humilde.

Terceiro, mesmo que robôs inteligentes fossem possíveis, não está claro se um robô pode fazer uma cópia de si mesmo que é mais esperto do que o original. A matemática por trás robôs auto replicantes foi desenvolvida pelo matemático John Von Neumann, que inventou a teoria dos jogos e ajudou a desenvolver o computador eletrônico. Ele foi pioneiro na questão da determinação do número mínimo de premissas antes de uma máquina poder criar uma cópia de si mesmo. No entanto, ele nunca abordou a questão de saber se um robô pode fazer uma cópia de si mesmo que é mais esperto do que ele. Na verdade, a própria definição de "inteligente" é problemática, uma vez que não existe uma definição universalmente aceita de "inteligente".

Certamente, um robô pode ser capaz de criar uma cópia de si mesmo com mais memória e capacidade de processamento, simplesmente atualizando e acrescentando mais fichas. Mas isso significa que a cópia é mais inteligente, ou apenas mais rápido? Por exemplo, uma máquina de somar é milhões de vezes mais rápidos que um ser humano, com muito mais memória e velocidade de processamento, mas certamente não é inteligente. Assim, a inteligência é mais do que apenas uma questão de memória e velocidade.

Quarto, embora o hardware possa evoluir de forma exponencial, o software não pode. Enquanto hardware cresceu a capacidade para gravar cada vez mais transistores menores em uma pastilha, o software é totalmente diferente, que exige que um ser humano tome assento com um lápis e um papel e comece a escrever o código. Esse é o gargalo: os humanos.

Software, como toda atividade humana criadora, avança aos trancos e barrancos, com ideias brilhantes e longos trechos de labuta e estagnação. Ao contrário de simplesmente atacar com mais transistores em silício, que tem crescido como um relógio, software depende da imprevisibilidade da criatividade humana e capricho.

Assim, todas as previsões de um crescimento constante, exponencial no poder de computação tem que ser qualificada. A cadeia não é mais forte que seu elo mais fraco, e os elo mais fraco é o software e programação feita por seres humanos.

O progresso da engenharia, muitas vezes cresce exponencialmente, especialmente quando se trata de uma simples questão de conseguir uma maior eficiência, tais como inserir mais e mais transistores em uma pastilha de silício. Mas quando se trata de pesquisa básica, que requer sorte, habilidade e traços inesperados de gênio, o progresso é mais como "Equilíbrio pontuado", com longos períodos de tempo quando não acontece muito, com os avanços que a mudança repentina do terreno inteiro. Se olharmos para a história da pesquisa básica, de Newton a Einstein até os dias atuais, vemos que o equilíbrio pontuado descreve mais precisamente a maneira pela qual o progresso é feito.

Em quinto lugar, como vimos na pesquisa para a engenharia reversa do cérebro, o custo cambaleante e dimensão do projeto provavelmente vai atrasá-lo para meados deste século. E depois fazer o sentido de todos esses dados pode demorar muitas décadas mais, empurrando o final de engenharia reversa do cérebro até o fim de deste século.

Em sexto lugar, provavelmente não será um "big bang", quando as máquinas de repente se tornarem conscientes. Como antes, se definirmos consciência como incluindo a capacidade de fazer planos para o futuro através de simulações do futuro, então existe um espectro da consciência. Quando máquinas lentamente subirem nessa escala, nos dando tempo de sobra para se preparar. Isso vai acontecer até o final deste século, creio, para que haja tempo suficiente para discutir as várias opções disponíveis para nós.

Além disso, a consciência em máquinas, provavelmente, terá suas peculiaridades. Assim, uma forma de "consciência de silicone" e que a consciência humana de pura vontade desenvolver primeiro. Mas isso levanta outra questão. Apesar de existirem meios mecânicos para melhorar os nossos corpos, também existem formas biológicas. Na verdade, toda a ênfase da evolução é a seleção dos melhores genes, então porque não atalho milhões de anos de evolução e assumir logo o controle do nosso destino genético?

Ninguém tem a coragem de dizer isso, mas se pudéssemos fazer seres humanos melhores sabendo como adicionar genes, por que não deveríamos fazê-lo? - James Watson, ganhador do Prêmio Nobel.

Eu realmente não acho que nossos corpos tenham quaisquer segredos que não sejam descobertos dentro deste século. - David Baltimore, ganhador do Prêmio Nobel.

Eu não acho que o tempo já chegou, mas está perto. Eu estou amedrontado, e infeliz, porque estou na última geração que ainda vai morrer. - Gerald Sussman.

Capítulo 3

O Futuro da Medicina: Perfeição e Além

Os deuses da mitologia possuíam o poder supremo: o poder sobre a vida e a morte, a capacidade de curar os enfermos e prolongar a vida. Em primeiro lugar em nossas orações aos deuses foram à libertação da doença e do sofrimento.

Na mitologia grega e romana, não é o conto de Eos, a deusa da bela aurora. Um dia, ela caiu profundamente no amor com um belo mortal, Tithonus. Ela tinha um corpo perfeito e era imortal, mas Tithonus acabaria envelhecendo, definharia e morreria. Determinada a salvar seu amante a partir deste destino sombrio, ela suplicou a Zeus, o pai dos deuses, para conceder Tithonus o dom da imortalidade, para que pudessem passar a eternidade juntos. Com pena desses dois amantes, ele concedeu á Eos o seu desejo.

Mas Eos, em sua pressa, se esqueceu de pedir a juventude eterna para ele. Então Tithonus tornou-se imortal, mas o seu corpo envelheceu. Não morreu, mas ele se tornou mais e mais decrépito e decadente, que vivia uma eternidade com dor e sofrimento.

Então esse é o desafio para a ciência do século XXI. Os cientistas estão agora a ler o livro da vida, que inclui o genoma completo do ser humano, e que nos promete avanços miraculosos na compreensão do envelhecimento. Mas a extensão da vida, sem vigor e saúde pode ser um castigo eterno, como Tithonus tragicamente descobriu.

Até o final deste século, nós também devemos ter muito desse poder mítico sobre a vida e a morte. E este poder não será limitado à cura dos doentes, mas será utilizado para melhorar o corpo humano e até mesmo criar novas formas de vida. Não será através de orações e encantamentos, no entanto, mas através do milagre da biotecnologia.

Um dos cientistas que está desvendando os segredos da vida é Robert Lanza, um homem com pressa. Ele é um novo tipo de biólogo, jovem, enérgico e cheio de novas ideias avançadas, e tantas para ser feitas em tão pouco tempo. Lanza está na crista da revolução biotecnológica. Como uma criança numa loja de doces, ele deleita-se em se aprofundar em um território desconhecido, fazendo avanços em uma ampla gama de temas quentes.

Uma ou duas gerações atrás, o ritmo era muito diferente. Você pode encontrar os biólogos examinando worms obscuros e insetos, pacientemente, estudando a sua detalhada anatomia e agonizando sobre o que tipos de nomes latinos eles iriam lhes dar. Mas, não Lanza. Eu o conheci um dia em um estúdio de rádio durante uma entrevista e

fiquei imediatamente impressionado pela sua juventude e criatividade sem limites. Ele foi, como sempre, discorrendo sobre os experimentos. Ele me disse que teve seu início neste campo em rápido movimento, da maneira mais incomum. Ele veio de uma família modesta da classe trabalhadora do sul de Boston, onde poucos foram para a faculdade. Mas, enquanto no ensino médio, ele ouviu a notícia surpreendente sobre o desvendamento do DNA. Ele era viciado. Decidiu-se em um projeto de ciências: a clonagem de uma galinha em seu quarto. Seus pais desnorteados não sabiam o que estava fazendo, mas lhe deram sua bênção. Determinado a obter o seu projeto fora da terra, ele foi para Harvard para obter aconselhamento. Não conhecia ninguém, ele perguntou a um homem que ele pensava ser um zelador. Intrigado, o zelador o levou para seu escritório. Lanza descobriu mais tarde que o zelador era realmente um dos pesquisadores-sênior do laboratório. Impressionado pela audácia deste estudante jovem e impetuoso alto, ele introduziu Lanza a outros cientistas, incluindo aí muitos pesquisadores de calibre que ganhariam o Nobel, e que iriam mudar sua vida. Lanza se comparou a personagem de Matt Damon no filme *Good Will Hunting*, onde um desalinhado, de um faxineiro de supermercados que surpreende os professores do MIT, deslumbrando-os com o seu gênio matemático.

Hoje, Lanza é diretor científico da Advanced Cell Technology, com centenas de trabalhos e invenções creditadas a ele. Em 2003, ele ganhou as manchetes quando o Zoológico de San Diego pediu-lhe para clonar um banteng, uma espécie ameaçada de boi selvagem, a partir do corpo de um deles que morreu 25 anos antes. Lanza extraiu com sucesso células úteis da carcaça, transformado- as os fez em uma fazenda em Utah. Lá, a célula fertilizada foi implantada em uma vaca. Dez meses depois, recebeu a notícia de que sua criação mais recente tinha acabado de nascer. No outro dia, ele pode estar trabalhando em "engenharia de tecidos", que podem, eventualmente, criar uma loja de corpos humanos a partir do qual podemos encomendar novos órgãos, cultivados a partir de nossas próprias células, para substituir órgãos que estão doentes ou que estão esgotados. Outro dia, ele poderia estar trabalhando na clonagem de células de embriões humanos. Ele fazia parte da equipe que clonou historicamente o primeiro do mundo humano embrião para a finalidade de gerar células-tronco embrionárias.

Três etapas da Medicina

Lanza está montando uma onda de descoberta criada por desencadear o conhecimento escondido dentro do nosso DNA. Historicamente, a medicina passou por pelo menos três etapas principais. No principio, que durou dezenas de milhares de anos, a medicina foi dominada pela superstição, bruxaria e boatos. Com mais crianças que morriam ao nascer, a esperança média de vida girava em torno de dezoito a vinte anos. Algumas ervas medicinais e produtos químicos úteis que foram descobertos

durante este período, como a *Aspirina*, mas para a maior parte não havia nenhuma maneira sistemática de se encontrar novas terapias. Infelizmente, todos os remédios que realmente funcionavam eram segredos bem guardados. O "doutor" ganhou sua renda agradando pacientes ricos e tinham interesse em manter suas poções e cantos secretos.

Durante este período, um dos fundadores da Clínica Mayo, manteve um diário privado quando fez a ronda de seus pacientes. Ingenuamente, ele escreveu em seu diário que havia apenas dois ingredientes ativos em sua bolsa preta que efetivamente funcionavam: um serrote e morfina. A serra foi usada para cortar os membros doentes, e que a morfina foi usada para anestesiar a dor da amputação. Eles trabalharam o tempo todo. Tudo o mais no seu saco preto foi o óleo de cobra e um fake, que ele lamentou tristemente.

A segunda etapa da medicina começou no século XIX, com o advento da teoria dos germes e melhor saneamento. Expectativa de vida no Reino Unido em 1900 subiu para 49 anos. Quando dezenas de milhares de soldados morriam nos campos de batalha europeus, da I Guerra Mundial, havia uma urgente necessidade de médicos realizarem experimentos reais, com resultados reprodutíveis, que foram posteriormente publicados em revistas médicas. Os reis da Europa, horrorizados, que seus melhores e mais brilhantes homens estavam sendo abatidos, sendo assim exigiam resultados reais, e não mistificações. Médicos, em vez de tentar agradar a clientela rica, agora estavam travando a guerra da legitimidade e fama por publicar artigos em revistas e jornais. Isso preparou o terreno para avanços em antibióticos e vacinas que o aumentaram a expectativa da vida para 70 anos e além.

A terceira etapa da medicina é a medicina molecular. Estamos vendo a fusão da física e da medicina, medicina para reduzir os átomos, moléculas, e os genes. Essa transformação histórica começou em 1940, quando o físico austríaco Erwin Schroedinger, um dos fundadores da teoria quântica, escreveu um influente livro chamado *What Is Life*? Ele rejeitou a noção de que havia algum espírito misterioso, ou força vital, que anima as coisas vivas. Em vez disso, ele especulou que a vida foi baseada em um código de algum tipo, e que este foi codificado em uma molécula. Ao encontrar essa molécula, conjecturou, pode-se desvendar o segredo da vida. O físico Francis Crick, inspirado pelo livro de Schroedinger, em parceria com o geneticista James Watson para provar que o DNA era essa molécula fabulosa. Em 1953, em uma das descobertas mais importantes de todos os tempos, Watson e Crick desbloquearam a estrutura do DNA, uma hélice dupla. Quando desvendadas, uma fita de DNA se estendia por seis metros de comprimento. Nela está contida uma sequência de 3 bilhões de ácidos nucléicos, chamados A, T, C, G (adenina, timina, citosina e guanina), que carregam o código. Através da leitura da sequência precisa destes ácidos nucleicos colocados ao longo da molécula de DNA, pode-se ler o livro da vida.

Os rápidos avanços na genética molecular, finalmente, levaram à criação do Projeto Genoma Humano, verdadeiramente um marco na história da medicina. O

programa de choque maciço, para sequenciar todos os genes do corpo humano, custou cerca de US $ 3 bilhões e envolveu o trabalho de centenas de cientistas colaborando ao redor do mundo. Quando foi finalmente concluída em 2003, ele anunciou uma nova era na ciência. Eventualmente, todo mundo vai ter seu genoma personalizado disponível em um CDROM. Ele irá listar todos os seus cerca de 25.000 genes, que será o seu "manual do proprietário."

O prêmio Nobel David Baltimore resumiu isso quando ele disse: *"A biologia é hoje uma ciência da informação"*.

Medicina Genômica

Assim como é o motor a explosão notável na medicina é, em parte, a teoria quântica e a revolução informática. A teoria quântica nos tem dado modelos incrivelmente detalhados de como os átomos estão dispostos em cada molécula de proteína e DNA. Átomo por átomo, sabemos como construir as moléculas da vida a partir do zero. E o sequenciamento genético, que costumava ser um longo, tedioso e caro processo de tudo é automatizado com robôs. Originalmente, o custo de vários milhões de dólares para sequenciar todos os genes em um único corpo humano. É tão caro e demorado que apenas um punhado de pessoas (incluindo os cientistas que aperfeiçoaram esta tecnologia) teve seus genomas lidos. Mas, dentro de mais alguns anos, esta tecnologia exótica poderá chegar para as pessoas comuns.

(Lembro-me vividamente da anotação de uma conferência no final de 1990 em Frankfurt, Alemanha, sobre o futuro da medicina. Previ que, em 2020, os genomas pessoais seria uma possibilidade real, e que todos poderiam ter um CD ou um chip com seus genes descritos nele. Mas um dos participantes ficou bastante indignado.

Ele se levantou e disse que esse sonho era impossível. Não eram simplesmente demasiado muitos genes, e que custaria muito a oferecer genomas pessoais para a pessoas comuns. O Projeto Genoma Humano teve o custo de US $ 3 bilhões; os custos de genes de uma sequência pessoal não poderiam cair muito.

Discutindo a questão com ele mais tarde, tornou-se gradualmente claro qual era o problema. Ele estava pensando linearmente. Mas a lei de Moore estava dirigindo os custos, tornando possível a sequência de DNA utilizando robôs, computadores e máquinas automáticas. Ele não conseguiu entender o impacto profundo da lei de Moore sobre a biologia. Olhando para trás, esse incidente, eu agora percebo que, se houve um erro nessa previsão, foi em superestimar o tempo que seria necessário para oferecer a genômica pessoal). Por exemplo, o engenheiro de Stanford Stephen R Quake. Aperfeiçoou o último desenvolvimento no sequenciamento genético. Ele agora tem os tem conduzido por baixo ao custo para 50 mil dólares e prevê que o preço caía para uns US $ 1.000 nos próximos anos. Os cientistas especulam a muito que, quando o preço do

sequenciamento de genes humanos caírem para 1,000 dólares, isso pode abrir as portas para o sequenciamento de genes das massas, assim, uma grande parte da raça humana pode se beneficiar desta tecnologia.

Dentro de algumas décadas, o preço do sequenciamento de todos os seus genes podem custar menos de US $ 100, mais caro do que um exame de sangue padrão. (A chave para esta última descoberta é tomar um atalho. Quake compara o DNA de uma pessoa de sequências de DNA que já foi feito dos outros. Ele rompe com o genoma humano em unidades de DNA contendo 32 bits de informação. Então ele tem um programa de computador que compara esses 32 bits fragmentos de genomas completos de outras pessoas. Como quaisquer dois seres humanos são quase idênticos em seu DNA, diferindo, em média, menos de 0,1 por cento, isso significa que um computador pode rapidamente obter uma correspondência entre estes fragmentos de 32 bits.) Quake se tornou o oitavo no mundo a ter seu genoma totalmente sequenciado. Ele tinha um interesse pessoal no projeto, bem como, desde que verificado seu genoma pessoal para a evidência de doença cardíaca. Infelizmente, seu genoma indicou que ele herdou uma versão de um gene associado com a doença do coração. *"Você tem que ter um estômago forte quando você olha para o seu próprio genoma*", lamentou. Eu sei, mas que sensação estranha. Eu tinha meu próprio genoma parcialmente digitalizado e colocado em um CD-ROM de um BBC-TV/Discovery especial que me acolheu. Um médico extraiu um pouco de sangue do meu braço; enviou para o laboratório da Universidade Vanderbilt, e então, duas semanas depois, um CD-ROM voltou no e-mail, anúncio de milhares de meus genes. Segurar o disco em minhas mãos me deu uma sensação engraçada, sabendo que continha um plano parcial para o meu corpo. Em princípio, este disco pode ser usado para criar uma cópia razoável de mim mesmo. Mas também despertou a minha curiosidade, uma vez que os segredos do meu corpo estavam contidos nesse CD-ROM. Por exemplo, eu poderia ver se eu tivesse um gene particular que aumentasse as minhas chances de contrair a doença de Alzheimer. Fiquei preocupado, pois minha mãe morreu de Alzheimer. (Felizmente, não tenho o gene). Além disso, quatro dos meus genes foram combinados com o genoma de milhares de pessoas ao redor do mundo, que também tiveram seus genes analisados. Em seguida, o localização dos indivíduos que tinham uma combinação perfeita com os meus quatro genes foram colocadas em um mapa da Terra. Ao analisar os pontos no mapa da Terra, eu podia ver um longo rastro de pontos, originando perto do Tibete e então se estende através da China e ao Japão. Foi surpreendente que essa trilha de pontos do antigo traçado padrões de migração dos antepassados de minha mãe, que remontam a milhares de anos. Meus antepassados não deixaram registros escritos de sua antiga migração, mas os indicadores dos mapas de suas viagens foram gravados em meu sangue e DNA. (Você também pode seguir a ascendência de seu pai. Os genes mitocondriais são passados para baixo e ficam inalterados de mãe para filha, enquanto o cromossomo Y é passado de pai para filho. Portanto, analisando esses genes, pode-se traçar a

ascendência de sua mãe ou a linha de seu pai.) Imagino que no futuro próximo, muitas pessoas terão a mesma sensação estranha que eu tive, mantendo o modelo de seus corpos em suas mãos e ler os segredos íntimos, incluindo doenças perigosas, espreitando no genoma e os padrões de migração de antigos de seus antepassados.

Mas para os cientistas, isso está abrindo um ramo inteiramente novo da ciência, chamado bioinformática, ou usando computadores para escanear rapidamente e analisar o genoma de milhares de organismos. Por exemplo, ao inserir os genomas de várias centenas de pessoas que sofrem de uma determinada doença em um computador, um deles pode ser capaz de calcular a localização precisa do DNA danificado. De fato, alguns dos computadores mais poderosos do mundo estão envolvidos em bioinformática, análise de milhares de genes encontrados em plantas e animais para determinados geneschave. Isso poderia revolucionar os programas de TV detetives como CSI. Dado pedacinhos de DNA (encontrado nos folículos capilares, saliva ou manchas de sangue), poderão ser capazes de determinar não apenas a cor do cabelo da pessoa, a cor dos olhos, cor da pele, altura e histórico médico, mas talvez também o seu rosto. Hoje, os desenhistas da polícia podem moldar uma escultura aproximar do rosto da vítima usando apenas o crânio. No futuro, um computador pode ser capaz de reconstruir as características faciais de uma pessoa é dada por alguma caspa ou sangue dessa pessoa. (O fato de que gêmeos idênticos têm muito semelhanças enfrentadas, significa que a genética sozinha, mesmo na presença de fatores ambientais, pode determinar muito do rosto de uma pessoa).

Visita ao médico

Como mencionado nos capítulos anteriores, a sua visita ao consultório será radicalmente alterada. Quando você falar com o médico em sua tela de parede, você provavelmente vai conversar com um programa de software. Seu banheiro terá sensores de um hospital moderno, em silêncio, determinar a detecção de células cancerosas anos antes de se formar um tumor. Por exemplo, cerca de 50 por cento de todos os cânceres comuns envolvem uma mutação no gene p53, que podem ser facilmente detectados com esses sensores.

Se houver evidência de câncer, em seguida, as nano partículas serão injetadas diretamente na corrente sanguínea, o que, como as bombas inteligentes, entregar contra o câncer medicamentos diretamente para as células cancerosas. Vamos ver hoje como a quimioterapia vemos as sanguessugas do século passado. (Nós vamos discutir os detalhes da nanotecnologia, chips de DNA, as nano partículas e nano-robôs em detalhes no próximo capítulo). E se o "doutor" em sua tela de parede não pode curar uma doença ou lesão de um órgão, você simplesmente vai aprender mais. Somente nos Estados

Unidos, há 91.000 pessoas que aguardam um transplante de órgão. Dezoito morrem todos os dias, à espera de um órgão que nunca vem.

***No FUTURO, vamos ter tricorders e-HAV como estes em *Star Trek*, que poderão diagnosticar praticamente qualquer doença; detectores portáteis de ressonância magnética e chips de DNA vão tornar isso possível.**

Se o seu médico virtual encontra algo errado, como um órgão doente, então ele poderia solicitar um novo para ser cultivada diretamente de suas próprias células. "*Engenharia de Tecidos "é um dos campos mais quentes na medicina, possibilitando uma" loja do corpo humano". "*Até agora, os cientistas podem fazer crescer a pele, sangue, vasos sanguíneos, coração válvulas, cartilagem, ossos, narizes e ouvidos em laboratório a partir de suas próprias células". O primeiro órgão principal, o de bexiga, foi cultivado em 2007, a traqueia primeira em 2009.

Até agora, os únicos órgãos que têm sido cultivadas são relativamente simples, envolvendo apenas alguns tipos de tecidos e poucas estruturas. Dentro de cinco anos, o primeiro fígado e pâncreas poderá ser cultivado, com enormes implicações para a saúde pública. O Prêmio Nobel, Walter Gilbert me disse que prevê um tempo, com apenas algumas décadas no futuro, quando praticamente todos os órgãos do corpo serão produzidos a partir de suas próprias células.

A engenharia de tecidos dos novos órgãos cresce pela primeira extração de algumas células de seu corpo. Essas células são injetadas em um molde de plástico que parece uma esponja na forma do órgão em questão. O molde plástico é feito de ácido poliglicólico biodegradável. As células são tratadas com certos fatores de crescimento para estimular o crescimento celular, causando-lhes a crescimento dentro do molde. Eventualmente, o molde se desintegra, deixando para trás um órgão perfeito.

Eu tive a oportunidade de visitar os laboratórios de Anthony Atala na Universidade Wake Forest na Carolina do Norte e testemunhar esta tecnologia milagrosa em primeira mão. Como eu caminhei através do seu laboratório, eu vi garrafas que continham órgãos humanos vivendo. Eu podia ver os vasos sanguíneos e bexigas, e vi as válvulas cardíacas que estavam constantemente abrindo e fechando, porque os líquidos estavam sendo bombeados através deles. Vendo todos estes órgãos humanos de vivendo em garrafas, quase me senti como se eu estivesse andando por laboratório do *Dr. Frankenstein*, mas havia várias diferenças cruciais. No século XIX, os médicos eram ignorantes do mecanismo de rejeição do corpo, o que torna impossível enxertar novos órgãos. Além disso, os médicos não sabem como parar as infecções que inevitavelmente contaminam qualquer órgão após a cirurgia. Então Atala, em vez de criar um monstro, está abrindo uma tecnologia totalmente nova de salvação médica que podem um dia mudar a face da medicina.

Uma das metas futuras para o seu laboratório é fazer crescer um fígado humano, talvez dentro de cinco anos. O fígado não é tão complicado e consiste em apenas alguns tipos de tecido. Os fígados cultivados em laboratório poderiam salvar milhares de

vidas, especialmente aqueles em necessidade desesperada de transplantes de fígado. Também poderia salvar as vidas dos alcoólatras que sofrem de cirrose. (Infelizmente, ele também poderia incentivar as pessoas a manter os maus hábitos, sabendo que poderiam obter os seus órgãos de reposição se fossem danificados). Se os órgãos do corpo como a traqueia e a bexiga, poderiam ser cultivados agora, o que impede cientistas de fazer crescer a cada órgão do corpo? Um problema básico é como fazer crescer os minúsculos vasos capilares que fornecem sangue para as células. Cada célula do corpo tem de estar em contato com um suprimento de sangue. Além disso, há o problema do crescimento em estruturas complexas. O rim, que purifica o sangue de toxinas, é composto de milhões de pequenos filtros, e um molde destes filtros é bastante difícil de criar. Mas o órgão mais difícil de fazer crescer é o cérebro humano. Apesar de recriar ou o crescimento de um cérebro humano pareça ser improvável nas próximas décadas, pode pelo contrário, ser possível injetar células jovens diretamente no cérebro, que irão incorporá-los na rede neural do cérebro. Esta injeção de novas células cerebrais, no entanto, é aleatória, portanto, o paciente terá que reaprender muitas funções básicas. Mas porque o cérebro é "plástico", isto é, constantemente religa-se depois que aprende uma nova tarefa que poderia ser capaz de integrar esses novos neurônios para que funcione corretamente.

Células-Tronco

Um passo além é a aplicação de tecnologia de células-tronco. Até agora, os órgãos humanos foram cultivados com células que não eram as células-tronco, são células, mas especialmente tratadas sem proliferar fungos em seu interior. Num futuro próximo, deve ser possível usar células-tronco diretamente.

As células estaminais são a "mãe de todas as células", e têm a capacidade de se transformar em qualquer tipo de célula do corpo. Cada célula do nosso corpo tem o código genético completo necessário para criar nosso corpo inteiro. Mas como as nossas células maduras, elas se especializam, muitos dos genes são inativados. Por exemplo, embora uma célula da pele possa ter os seus genes transformando-se em sangue, estes genes são desligados quando uma célula embrionária torna-se uma célula adulta de pele. Mas as células-tronco embrionárias mantêm essa capacidade de se regenerar em qualquer tipo de célula ao longo da sua vida. Embora as células-tronco embrionárias sejam as mais valorizadas por cientistas, elas também são mais controversas, uma vez que o embrião tem de ser sacrificados a fim de extrair essas células, levantando questões éticas. (No entanto, Lanza e seus colegas têm liderado maneiras de levar as células-tronco adultas, que já se transformou em um tipo de célula e, em seguida, transformá-los em células estaminais embrionárias).

As células-tronco têm o potencial para curar uma série de doenças, como diabetes, doença cardíaca, Alzheimer, Parkinson, até mesmo câncer. De fato, é difícil pensar uma doença em que células-tronco não terão um grande impacto. Uma área particular da investigação é a da lesão da medula espinhal, uma vez pensada que seria totalmente incurável. Em 1995, quando o belo ator Christopher Reeve sofreu uma grave lesão da medula espinhal que o deixou totalmente paralisado, não houve cura.

No entanto, em estudos com animais, grandes progressos foram feitos na reparação da medula espinhal com células-tronco. Por exemplo, Stephen Davies, da Universidade do Colorado teve um impressionante sucesso no tratamento de lesões da medula espinhal em ratos. Ele diz, "eu conduzi algumas experiências em que os neurônios adultos eram transplantados diretamente no sistema nervoso central adulto. Estes são verdadeiros experimentos a lá Frankenstein. Para nossa grande surpresa, os neurônios adultos foram capazes de enviar novas fibras nervosas de um lado do cérebro para o outro em apenas uma semana. "No tratamento da lesão da medula espinhal, que foi amplamente pensei que qualquer tentativa de reparar os nervos criaria uma grande dor e angústia também". Davies descobriu que uns tipos de chave de células nervosas, chamadas de astrócitos, ocorriam em duas variedades, com resultados diferentes.

Davies diz, *"Ao utilizar os astrócitos direito à reparação de lesões da medula espinhal, temos todos os ganhos sem dor, enquanto os outros tipos de parecer fornecer a dor oposta, mas sem ganho".* "Além disso, as mesmas técnicas que ele é pioneiro com células-tronco também irão trabalhar em vítimas de derrames Alzheimer e Parkinson, acredita ele". Uma vez que praticamente todas as células do corpo podem ser criadas, alterando as células-tronco embrionárias, as possibilidades são infinitas. No entanto, Doris Taylor, diretora do Centro de Reparação Cardiovascular da Universidade de Minnesota, adverte que há muito trabalho ainda precisa ser feito. *"Células-tronco embrionárias representam o bom, o mau e o feio. Quando elas são boas, elas podem ser cultivadas em grandes quantidades em laboratório e usadas para dar origem a tecidos, órgãos ou partes do corpo. Quando eles são ruins, eles não sabem quando parar de crescer e der origem a tumores. As feias, bem, nós não entendemos todas as pistas, por isso não podemos controlar o resultado, e nós não estamos prontos para usá-los sem mais pesquisas em laboratório",* diz ela. Este é um dos principais problemas enfrentados pelas pesquisas com células-tronco: o fato de que essas células-tronco, sem sinais químicos do meio ambiente, podem continuar a se proliferarem descontroladamente até se tornarem cancerosas. Os cientistas sabem agora que as mensagens químicas sutis que viajam entre as células, dizendo-lhes quando e para onde crescer e parar de crescer, são tão importantes quanto à própria célula. No entanto, o progresso lento, mas real está sendo feito, principalmente em estudos com animais. Taylor fez manchete em 2008, quando sua equipe, pela primeira vez na história, fez crescer um coração de um rato bater quase do zero. Sua equipe começou com um coração de rato e dissolveu as células dentro do coração, deixando apenas o

andaime, uma matriz em forma de coração de proteínas. Então eles plantaram uma mistura de células-tronco em coração que a matriz, e viu como as células-tronco começaram a proliferar no interior do andaime. Anteriormente, os cientistas foram capazes de fazer crescer pilhas do coração individual em uma placa de Petri. Mas esta foi a primeira vez que um real batimento cardíaco foi cultivado em laboratório. Fazer crescer o coração também foi um evento emocionante e pessoal para ela. Ela disse: *"É lindo. Você pode ver toda a árvore vascular de artérias para as pequenas veias que levam sangue para cada célula indo só no coração."*

Há também uma parte do governo dos EUA que está muito interessada em fazer descobertas na área da engenharia de tecidos: o Exército dos EUA. No passado as guerras, e a taxa de morte no campo de batalha eram terríveis, com todo regimentos e batalhões dizimados e muitos morriam feridos. Agora resposta rápida as equipes de evacuação médica voam com os feridos do Iraque e do Afeganistão para a Europa ou para os Estados Unidos, onde recebem top-notch de cuidados médicos. A taxa de sobrevivência de soldados disparou. E assim o número de soldados que perderam braços e pernas. Como consequência, o Exército americano tornou o projeto uma prioridade para encontrar uma maneira de voltar a fazer crescer os membros.

Uma descoberta feita pelas Forças Armadas do Instituto de Medicina Regenerativa tem sido a utilização de um método radicalmente novo de órgãos em crescimento. Os cientistas há muito sabem que as salamandras têm notável poder de regeneração, fazendo crescer membros inteiros depois que eles são perdidos. Estes membros voltam a crescer, porque as células-tronco da salamandra são estimuladas a criarem novos membros. Uma teoria que deu os seus frutos está sendo explorada por Stephen Badylak, da Universidade de Pittsburgh, que conseguiu regenerar as pontas dos dedos. Sua equipe criou um "pozinho mágico" com o poder milagroso de regenerar o tecido. Esta poeira é criada não a partir de células, mas a partir da matriz extracelular que existe entre as células. Essa matriz é importante porque contém os sinais que informam o tronco que as células cresçam de uma forma particular. Quando esse pó de pirlimpimpim é aplicado a um dedo que foi cortado, irá estimular não apenas a ponta do dedo, mas também da unha, deixar uma cópia quase perfeita do dedo original. Até um terço de uma polegada de tecido com unhas e tem sido cultivada desta forma. A próxima meta é estender este processo para ver se todo um membro humano pode se regenerar, como o das salamandras.

Clonagem

Podem-se fazer crescer vários órgãos do corpo humano, então podemos regenerar um ser humano inteiro, criando uma cópia genética exata, um clone? A resposta é sim, em princípio, mas não tem sido feito, apesar de inúmeros relatos em

contrário. Clones é um tema favorito em filmes de Hollywood, mas costumo deixar a ciência para trás. No filme *The 6th Day*, Arnold Schwarzenegger, são os bandidos que dominam a arte da clonagem de seres humanos. Mais importante, eles têm dominado a arte de copiar uma pessoa e sua memória inteira e depois inseri-la no clone. Quando Schwarzenegger consegue eliminar um bandido, um novo se levanta com a mesma personalidade e memória. As coisas se complicam quando ele descobre que um clone foi feito sem o seu conhecimento. (Na realidade, quando um animal é clonado, as memórias não o são.) O conceito de clonagem chegou às manchetes do mundo em 1997, quando Ian Wilmut, do Roslin Institute, da Universidade de Edimburgo foi capaz de clonar a ovelha Dolly. Ao tomar uma célula de uma ovelha adulta, a extração do DNA no seu núcleo, e, em seguida, inserir este núcleo em um óvulo, Wilmut foi capaz de realizar a façanha de trazer de volta uma cópia genética do original. Uma vez eu perguntei-lhe se ele tinha alguma ideia da tempestade da mídia e que seria incinerado pela sua descoberta histórica. Ele disse que não. Ele claramente entendeu a importância médica do seu trabalho, mas subestimou a fascinação do público com a sua descoberta. Logo, os grupos de todo o mundo começaram a duplicar esta façanha, a clonagem de uma grande variedade de animais, incluindo ratos, cabras, gatos, porcos, cães, cavalos e gado. Uma vez eu fui com uma equipe de filmagem da BBC e visitei Ron Marquês fora de Dallas, Texas, que possui uma das maiores fazendas de gado clonado, no país. Na fazenda, fiquei surpreso ao ver pela primeira, segunda e até terceira geração em bovinos clonados clones de clones de clones. Marquês me disse que eles teriam de inventar um novo vocabulário para acompanhar as várias gerações de bovinos clonados.

Um grupo de animais chamou minha atenção. Havia cerca de oito gêmeos idênticos, todos alinhados. Eles andaram, correram, comeram e dormiram com precisão em uma fileira. Embora os bezerros não tenha ideia de que eram clones uns dos outros, eles instintivamente se uniram e imitaram os movimentos uns dos outros. Marquês disse-me que a clonagem de gado era potencialmente um negócio lucrativo. Se você tem um touro com características físicas superiores, então ele poderia buscar um belo preço, se foi utilizado para a reprodução. Mas se o boi morrer, então a sua linha genética seria perdida a não ser que seu esperma fosse recolhido e refrigerado. Com a clonagem, pode-se manter a linha genética dos touros premiados vivas para sempre. Embora a clonagem tenha aplicações comerciais para os animais e criação de animais, as implicações para os seres humanos são menos claras. Embora tenha havido uma série de alegações sensacionalistas de que a clonagem humana foi alcançada, todas elas são provavelmente falsas. Até agora, ninguém conseguiu clonar um primata, muito menos um ser humano. Mesmo a clonagem de animais tem se mostrado difícil, uma vez que centenas de embriões defeituosos são criados para cada um que chega ter boa duração. E mesmo que a clonagem humana torna-se possível, existem obstáculos sociais. Primeiro de tudo, muitas religiões que se opõem à clonagem humana,

semelhante à forma como o Igreja Católica contra bebês de proveta em 1978, quando Louise Brown tornou-se a primeiro bebê da história a ser concebida num tubo de ensaio. Isso significa que as leis que provavelmente serão aprovadas a proibição da tecnologia, ou pelo menos regulá-la firmemente. Em segundo lugar, a demanda comercial para a clonagem humana será pequena. No mais, provavelmente apenas uma fração da raça humana terá clones, mesmo que sejam feitos de forma legal. Afinal, já temos clones, sob a forma de gêmeos idênticos (e trigêmeos), então a novidade da clonagem humana vai gradualmente desaparecer. Originalmente, a demanda de bebês de proveta era enorme, dada a legião de casais inférteis. Mas quem vai clonar um ser humano? Talvez os pais com o luto pela morte de uma criança. Ou, mais provavelmente, um homem rico e idoso em seu leito de morte que não tem herdeiros, ou os herdeiros ou não se importaram com ele em particular e quer a vontade de todo o seu dinheiro para si mesmo como uma criança, a fim de começar tudo de novo. Assim, no futuro, embora possa haver leis aprovadas para impedir, que clones humanos provavelmente existam. No entanto, eles representam apenas uma pequena fração da raça humana e as consequências sociais serão muito pequenas.

Terapia Gênica

Francis Collins, atual diretor do National Institutes of Health e do homem que levou o governo do histórico Projeto Genoma Humano, disse-me que *"todos nós temos cerca de uma meia dúzia de genes que são bastante burros."* No passado antigo, simplesmente tivemos aqueles que muitas vezes sofrem de defeitos genéticos letais. No futuro, ele me disse que vamos curar muitos deles através de terapia gênica. Doenças genéticas têm assombrado a humanidade desde os primórdios da história, e em momentos-chave podem realmente ter influenciado o curso da história. Por exemplo, por causa da consanguinidade entre as famílias reais da Europa, as doenças genéticas têm assolado as gerações de nobreza. George III da Inglaterra, por exemplo, muito provavelmente sofria de porfiria aguda intermitente, que provoca surtos de insanidade temporária. Alguns historiadores têm especulado que isto era agravado pelo seu relacionamento com as colônias, levando-os a declarar a sua independência da Inglaterra em 1776. A rainha Vitória era portadora do gene da hemofilia, que causa o sangramento descontrolado. Como ela tinha nove filhos, muitos dos quais casados com outras casas reais da Europa, este spread da "doença real" assolava todo o continente. Na Rússia, Alexis bisneto da rainha Victoria, filho de Nicolau II, sofria de hemofilia, que aparentemente poderia ser temporariamente controlada pelo místico Rasputin. Este "monge louco" ganhou força suficiente para paralisar a nobreza russa, o atraso das reformas muito necessárias, e, como alguns historiadores têm especulado ajudar a

trazer a Revolução Bolchevique de 1917. Mas, no futuro, a terapia gênica pode ser capaz de curar muitas das 5.000 doenças genéticas conhecidas, como a fibrose cística (que atinge os Europeus do norte), doença de Tay-Sachs (que afeta os judeus da Europa Oriental), e anemia falciforme (que atinge os Afro-americanos). No futuro próximo, deve ser possível curar muitas doenças genéticas são causadas pela mutação de um único gene. A terapia gênica vem em dois tipos: linhas somáticas e germinativas.

Terapia genética somática envolve a fixação dos genes quebrados de um único indivíduo. O valor terapêutico desaparece quando o indivíduo morre. Mais controversa é a terapia genética germinal, em que um corrige os genes das células sexuais, de modo que o gene reparado pode ser transmitido para a próxima geração, quase sempre. A cura de doenças genéticas segue um longo caminho, mas isto é bem estabelecido. Primeiro, é preciso encontrar vítimas de uma determinada doença genética e, em seguida, cuidadosamente fazer rastreamento de sua árvore genealógica familiar, e muitas gerações atrás. Ao analisar os genes desses indivíduos, um em seguida, tenta determinar a localização exata dos genes que podem ser danificados. Então, um usa uma versão saudável do gene que, insere-o em um "vetor" (geralmente um vírus inofensivo), e, em seguida, injeta no paciente. O vírus rapidamente insere o gene "bom" nas células do paciente, e possivelmente curar o paciente da doença. Em 2001, havia mais de 500 testes de terapia genética em andamento ou em análise de todo o mundo. No entanto, o progresso tem sido lento e os resultados mistos. Um problema é que o corpo muitas vezes confunde o vírus inofensivo, contendo o gene "bom", com um vírus perigoso e começa a atacá-lo. Isso faz com que os efeitos colaterais que podem anular o efeito do gene bom. Outro problema é que não basta o vírus inserir o gene de bom em suas células-alvo corretamente, para que o corpo não consiga produzir a proteína adequada.
Apesar dessas complicações, os cientistas da França anunciaram em 2000 que eles foram capazes de curar crianças com imunodeficiência combinada severa (SCID), que nasceram sem um sistema de funcionamento do sistema imunológico. Alguns pacientes SCID, como "David, o menino bolha", que deve viver dentro de uma bolha de plástico estéril para o resto de suas vidas. Sem um sistema imunitário, qualquer doença pode ser fatal. Análises genéticas desses pacientes mostram que suas células imunes, de fato, incorporam o novo gene, como previsto, portanto, e ativar o seu sistema imunitário. Mas houve contratempos. Em 1999, na Universidade da Pensilvânia, um paciente morreu em uma tentativa de terapia genética, fazendo com que a procura da alma dentro do comunidade médica. Foi à primeira morte entre os 1.100 pacientes submetidos a esse tipo de terapia gênica. E até 2007, quatro dos dez pacientes que tinham sido curados de uma forma particular de SCID desenvolveram um efeito colateral grave de leucemia. Pesquisa em terapia de gene para SCID agora está focada na cura da doença sem acidentalmente acionar um gene que pode causar câncer. Até à data, dezessete pacientes que sofriam de uma variedade diferente de SCID estão livres de ambos tanto do SCID quanto do câncer, tornando-o um dos poucos casos de sucesso neste campo.

Um dos alvos para a terapia gênica é realmente o câncer. Quase 50 por cento de todos os cânceres mais comuns são ligadas a um gene danificado, o p53. O gene p53 é longo e complexo, o que torna mais provável que seja danificado por fatores ambientais e químicos. Então, muitas experiências de terapia gênica estão sendo conduzidas para inserir um gene p53 em pacientes saudáveis. Por exemplo, a fumaça do cigarro muitas vezes provoca mutações características em três áreas bem conhecidas dentro do gene p53. Assim, a terapia de gene, substituindo o gene p53 danificado, pode um dia ser capaz de curar certas formas de câncer de pulmão. O progresso tem sido lento, mas constante. Em 2006, cientistas do National Institutes of Health, em Maryland, foram capazes de tratar com sucesso o melanoma metastático, um tipo de câncer de pele, alterando as células assassinas T para que elas se dirijam especificamente para as células cancerígenas. Este é o primeiro estudo a mostrar que a terapia genética pode ser usada com sucesso contra algumas formas de câncer. E em 2007, médicos do University College Hospital Moorfields Eye e em Londres foram capazes usar terapia genética para tratar certo tipo de doença hereditária da retina (causada por mutações no gene RPE65). Enquanto isso, alguns casais não estão à espera para a terapia genética, mas estão tendo sua herança genética em suas próprias mãos. Um casal pode criar vários embriões fertilizados com a fertilização in vitro. Cada embrião pode ser testado para uma determinada doença genética, e o casal pode selecionar o embrião livre da doença genética para implantar na mãe. Desta forma, as doenças genéticas podem ser gradualmente eliminadas sem usar técnicas de terapia gênica caras. Este processo está sendo feito atualmente com alguns judeus ortodoxos do Brooklyn que têm um alto risco da doença Tay-Sachs. Somente uma doença, no entanto, provavelmente permanecerá mortal ao longo deste século “o câncer”.

Coexistindo com o Câncer

Nos idos de 1971, o presidente Richard Nixon, em meio a grande estardalhaço e publicidade, anunciou solenemente a guerra contra o câncer. Ao jogar dinheiro para o câncer, ele acreditava que uma cura logo estaria em mãos. Mas quarenta anos (e US $ 200 bilhões) depois, o câncer é a segunda principal causa de morte nos Estados Unidos, responsáveis por 25 por cento de todas as mortes. A taxa de morte por câncer caiu apenas 5 por cento de 1950-2005 (ajuste para idade e outros fatores). Estima-se que câncer tirará a vida de 562 mil norte-americanos este ano, ou mais de 1.000 pessoas por dia. AS taxas de câncer caíram para alguns tipos de doença, mas mantiveram-se teimosamente em outros planos. E o tratamento para o câncer, envolvendo o envenenamento, e corte do tecido humano, deixa um rastro de lágrimas para os pacientes, que muitas vezes me perguntam o que é pior, a doença ou o tratamento.

Em retrospectiva, podemos ver o que deu errado. Nos idos de 1971, antes da revolução na engenharia genética, as causas do cancro eram um mistério total. Agora os cientistas percebem que o câncer é basicamente uma doença dos nossos genes. Se causada por um vírus, exposição a substâncias químicas, radiação, ou azar, o câncer fundamentalmente envolve mutações em quatro ou mais dos nossos genes, no qual uma célula normal "se esquece em como morrer." A célula perde o controle sobre sua reprodução e se reproduz sem limites, acabando por matar o paciente. O fato de que leva uma sequência de quatro ou mais genes defeituosos que causam o câncer provavelmente explica por isso que muitas vezes mata várias décadas depois de um incidente original. Por exemplo, você pode ter uma queimadura grave quando era uma criança. Muitas décadas mais tarde, você pode desenvolver câncer de pele no mesmo local. Isto significa que provavelmente levou tanto tempo para as outras mutações a ocorrer e, finalmente, a ponta de células cancerosas em uma modalidade.

Há pelo menos dois tipos principais destes genes cancerígenos, os oncogenes e supressores de tumor, que funcionam como o acelerador e freios de um carro. O oncogene age como um acelerador preso na posição para baixo, assim que o carro inclina fora de controle, permitindo que a célula se reproduza sem limites. O tumor supressor normalmente age como um freio, então, quando for o caso, a célula é como um carro que não pode parar. O Projeto Genoma do Câncer tem planos para sequenciar os genes da maioria dos cancros. Uma vez que cada câncer exige sequenciamento do genoma humano, Projeto Genoma do Câncer são centenas de vezes mais ambiciosas do que o original Projeto Genoma Humano. Alguns dos primeiros resultados desse tão esperado Projeto Genoma do Câncer foram anunciados em 2009 sobre a pele e câncer de pulmão. Os resultados foram surpreendentes. Mike Stratton, do Wellcome Trust Sanger Institute, disse: *"O que estamos vendo hoje vai transformar a maneira que vemos o câncer. Nunca antes vimos o câncer ser revelado desta forma."* As células de uma célula de câncer de pulmão tinham a taxa espantosa de 23.000 mutações individuais, enquanto a célula de câncer melanoma tinha 33.000 mutações. Isso significa que um fumante desenvolve uma mutação a cada quinze cigarros que ele ou ela fuma. (Câncer de pulmão mata um milhão de pessoas por ano em todo o mundo, na maior parte do fumo). A meta é analisar geneticamente todos os tipos de câncer, dos quais existem mais de 100. Há muitos tecidos no corpo, que podem se tornar muitos tipos de câncer para cada tecido; canceroso e dezenas de milhares de mutações dentro de cada tipo de câncer. Uma vez que cada câncer envolve dezenas de milhares de mutações, vai levar muitas décadas para isolar precisamente qual destas mutações faz com que o mecanismo celular que derem errado. Os cientistas vão desenvolver curas para uma variedade de cânceres, mas não uma cura para todos eles, já que o câncer é como um conjunto de doenças. Novos tratamentos e terapias também continuamente entram no mercado, todos projetados para atingir o câncer na sua origem genética e molecular. Alguns dos mais promissores incluem: antiangiogenesis ou sufocar o

suprimento de sangue de um tumor para que ele nunca cresça nanopartículas, que são como "bombas inteligentes", dirigindo-se às células cancerosas, a terapia gênica, especialmente para o gene p53, novas drogas que têm por alvo apenas as células cancerosas Novas vacinas contra o vírus que podem causar câncer, como o papiloma vírus humano (HPV), que pode causar câncer cervical. Infelizmente, é improvável que encontremos uma solução mágica para o câncer. Em vez disso, vamos curar o câncer um passo de cada vez. Mais do que provavelmente, a maior redução nas taxas de morte virão quando tivermos chips de DNA espalhados nosso meio ambiente, monitorando constantemente nesses anos as células cancerosas antes que um tumor se forme. Como o prêmio Nobel David Baltimore, observa: *"O cancro é um exército de células que combatem as nossas terapias de forma que eu tenho certeza que vai nos manter sempre na batalha".*

Terapia Gênica

Apesar dos contratempos na terapia de gene, os pesquisadores acreditam que os ganhos constantes serão feitos nas décadas seguintes. Pela metade do século a terapia genética, que muitos pensam, será um método padrão de tratamento de uma variedade de doenças genéticas. Grande parte do sucesso que os cientistas tiveram em estudos com animais acabará por ser traduzida em estudos humanos.

Até agora, a terapia gênica tem como alvo as doenças causadas por mutações em um gene único. Eles serão os primeiros a serem curados. Mas muitas doenças são causadas por mutações em múltiplos genes, juntamente com gatilhos do meio ambiente. Estes são muito mais difíceis de tratar, mas eles incluem doenças importantes como diabetes, esquizofrenia, doença cardíaca de Alzheimer, de Parkinson. Todos eles mostram padrões genéticos definitivos, mas não único gene é responsável. Para exemplo, é possível ter um gêmeo idêntico e esquizofrênico cujo desenvolvimento seja normal. Ao longo dos anos, tem havido uma série de anúncios de que os cientistas conseguiram isolar alguns dos genes envolvidos na esquizofrenia seguindo o histórico genético de determinadas famílias. No entanto, é preocupante que estes resultados sejam muitas vezes não controláveis por outros estudos independentes. Assim estes resultados são falhos, ou talvez muitos genes estejam envolvidos na esquizofrenia. Além disso, determinados fatores ambientais parecem estar envolvidos. Pela metade do século, a terapia gênica deverá tornar-se uma terapia bem estabelecida, pelo menos para doenças causadas por genes únicos. Mas os pacientes não podem conter apenas genes fixos. Eles podem também querer melhorá-los.

Desenhando crianças

Pela metade do século, os cientistas vão além da simples fixação de genes quebrados para realmente melhorar e melhorar. O desejo de ter capacidade sobre-humana é antigo, profundamente enraizado na mitologia grega e romana e nos nossos sonhos. O grande herói Hércules, um dos mais populares de todos os semideuses gregos e romanos, conseguiu seu grande poder não de exercício e dieta, mas por uma injeção de genes divinos. Sua mãe foi uma bela mortal, Alcmena, que um dia chamou a atenção de Zeus, que se disfarçou como seu marido para fazer amor com ela. Quando ela se tornou grávida de seu filho, Zeus anunciou que o bebê um dia iria se tornar um grande guerreiro. Mas a esposa de Zeus, Hera, enciumada, secretamente planejou matar o bebê atrasando o seu nascimento. Alcmena quase morreu em agonia durante um parto prolongado, mas a trama de Hera foi exposta no último minuto e Alcmena gerou um bebê excepcionalmente grande. Metade homem e metade deus, Hércules herdou a força divina de seu pai para conseguir as proezas heroicas, e lendárias. No futuro, poderemos não ser capazes de criar genes divinos, mas certamente seremos capazes de criar os genes que nos darão habilidades sobre-humanas. E como o parto difícil de Hércules, haverá muitas dificuldades trazendo esta tecnologia para fruição. Pela metade do século, "as crianças desenhadas" poderão se tornar realidade. Como biólogo de Harvard EO Wilson disse: *"Homo sapiens, a primeira espécie verdadeiramente livre, está prestes a encerrar a seleção natural, a força que nos fez... Logo, devemos olhar profundamente dentro de nós mesmos e decidir o que desejamos nos tornar."* Já, os cientistas estão provocando para além dos genes que controlam as funções básicas. Por exemplo, "o gene do rato inteligente", que aumenta a memória e desempenho dos camundongos, foi isolado em 1999. Os ratos que têm o gene inteligente são mais capazes de navegar pelos labirintos e se lembrar das coisas. Cientistas da Universidade de Princeton, como Joseph Tsien criou uma linhagem de camundongos geneticamente modificados com um gene extra chamado NR2B que ajuda a desencadear a produção do neurotransmissor N-metil-D-aspartato (NMDA) no prosencéfalo de camundongos. Os criadores dos camundongos inteligentes os batizaram de camundongos Doogie (após a série de TV Doogie Howser MD). Estes ratos inteligentes superaram os ratos normais em uma variedade de testes. Se um rato é colocado em uma cuba de água leitosa, ele deve encontrar uma plataforma escondida apenas abaixo da superfície, onde pode descansar. Os ratos normais se esquecem de onde esta plataforma está e nadam aleatoriamente em torno do IVA, quando os ratos inteligentes fazem um caminho mais curto para ele na primeira tentativa. Aos ratos são mostrados dois objetos, um velho e outro novo, os ratos normais não presta atenção para o novo objeto. Mas os camundongos inteligentes reconhecem imediatamente a presença do novo objeto. O mais importante é que os cientistas compreendem como esses genes funcionam nos ratos inteligentes: eles regulam as sinapses do cérebro. Se você pensar no cérebro como uma vasta coleção de autoestradas, então a sinapse seria equivalente a uma cabine de

pedágio. Se o pedágio é muito alto, então os carros não podem passar através da porta: uma mensagem está parada dentro do cérebro. Mas se o número é baixo, em seguida, os carros podem passar e a mensagem é transmitida através do cérebro. Neurotransmissores como NMDA baixam o pedágio na sinapse, tornando possível que as mensagens passem livremente. Os camundongos inteligentes têm duas cópias do gene NR2B, que por sua vez ajuda a produzir o neurotransmissor NMDA. Estes ratos inteligentes verificam a regra de Hebb: a aprendizagem ocorre quando certos caminhos neurais são reforçados. Especificamente, estas vias podem ser reforçadas através da regulação das sinapses que conectam duas fibras nervosas, tornando mais fácil para os sinais atravessarem uma sinapse. Este resultado pode ajudar a explicar algumas peculiaridades sobre a aprendizagem. É sabido que os animais que envelhecem têm uma reduzida capacidade de aprender. Os cientistas percebem isto em todo o reino animal. Isto pode ser explicado porque o gene NR2B torna-se menos ativo com a idade. Além disso, como vimos anteriormente com a regra de Hebb, as memórias podem ser criadas quando os neurônios formam uma forte ligação. Isso pode ser verdade, desde a ativação do receptor NMDA crie uma forte ligação.

O super gene do rato

Além disso, o gene "Mighty Mouse" tem sido isolado, o que aumenta a massa muscular de forma que o rato pareça ter músculos superdesenvolvidos. Ele foi o primeiro encontrado em ratos com músculos excepcionalmente grandes. Os cientistas sabem agora que a chave está no gene da miostatina, que ajuda a manter o crescimento muscular em cheque. Mas em 1997, cientistas descobriram que quando o gene da miostatina é silenciado em camundongos, o crescimento muscular expande enormemente. Outra descoberta foi feita logo depois na Alemanha, quando os cientistas examinaram um menino recém-nascido que tinha músculos incomuns nas pernas e nos braços. A análise do ultrassom mostrou que os músculos do menino eram duas vezes maiores que o normal. Através do sequenciamento dos genes do bebê e de sua mãe (que era uma velocista profissional), eles encontraram um padrão semelhante genético. De fato, uma análise de sangue do rapaz não mostrou qualquer miostatina.

Cientistas do Johns Hopkins Medical School estavam primeiro ansiosos para fazer contato com pacientes que sofrem de doenças musculares degenerativas que pode se beneficiar a partir deste resultado, mas ficaram decepcionados ao descobrir que metade das chamadas de telefone para seu escritório veio de fisiculturistas que queriam que o gene viesse a granel para si mesmo, independentemente das consequências. Talvez esses fisiculturistas estivessem se recordando do sucesso fenomenal de Arnold Schwarzenegger, que admitiu ter usado esteroides para dar início a sua carreira

meteórica. Por causa do interesse intenso no gene da miostatina e formas de suprimi-lo, mesmo o Comitê Olímpico foi forçado a criar uma comissão especial para analisá-la. Ao contrário dos esteroides, que são relativamente fáceis de detectar através de testes químicos, este novo método, pois envolve os genes e as proteínas que eles criam, é muito mais difícil de detectar.

Estudos realizados com gêmeos idênticos que foram separados no nascimento mostram que há uma grande variedade de traços de comportamento influenciado pela genética. Na verdade, esses estudos mostram que cerca de 50 por cento do comportamento de um gêmeo é influenciado por genes, outros 50 por cento pelo meio ambiente. Estas características incluem a memória, o raciocínio verbal, raciocínio espacial, velocidade de processamento, extroversão e busca de emoção. Mesmo os comportamentos que se pensavam ser complexos agora estão revelando suas raízes genéticas. Por exemplo, as ratazanas da pradaria são monogâmicas. Camundongos de laboratório são promíscuos. Larry Young na Universidade Emory, chocou o mundo da biotecnologia, mostrando que a transferência de um gene de ratazanas da pradaria poderia criar camundongos que apresentaram características monogâmicas. Cada animal tem uma versão diferente de um determinado receptor de peptídeo do cérebro associadas com comportamento social e acasalamento. Quando este jovem inseriu o gene da ratazana para este receptor em ratos e descobriram que os ratos apresentaram comportamentos, em seguida, mais parecido com os arganazes monogâmicos. Young disse, *"Apesar de muitos genes são prováveis de serem envolvidos na evolução de comportamentos sociais complexos, como a monogamia... mudanças na expressão de um único gene pode ter um impacto sobre a expressão dos componentes desses comportamentos, como a assinatura"*.

Depressão e felicidade também podem ter raízes genéticas. Há muito se sabe que há pessoas que são felizes mesmo que eles possam ter sofrido acidentes trágicos. Eles sempre veem o lado bom das coisas, mesmo diante de contratempos que podem devastar outro indivíduo. Essas pessoas também tendem a serem mais saudáveis do que o normal. O psicólogo de Harvard, Daniel Gilbert disse-me que há uma teoria que pode explicar isso. Talvez nós nasçamos com uma "felicidade do conjunto de pontos." Dia após dia nós podemos oscilar em torno deste ponto definido, mas seu nível é definido no nascimento. No futuro, através de medicamentos ou terapias de gene, uma pode ser capaz de mudar este ponto de referência, especialmente para aqueles que estão cronicamente deprimidos.

Efeitos colaterais da Revolução Biotecnológica

Pela metade do século, os cientistas serão capazes de isolar e alterar muitos dos genes individuais que controlam uma variedade de características humanas. Mas isso não significa que a humanidade irá imediatamente se beneficiar deles. Há também o trabalho longo e difícil de passar a efeitos colaterais e consequências indesejáveis, que terá décadas. Por exemplo, Aquiles era invencível em combate, levando os gregos vitoriosos em sua batalha épica com os troianos. No entanto, seu poder tinha uma falha fatal.

Quando ele era bebê, sua mãe mergulhou-o no rio mágico Styx, a fim de torná-lo invencível. Infelizmente, ela teve que segurá-lo pelo calcanhar, quando ela o colocou no rio, deixando um ponto crucial de vulnerabilidade. Mais tarde, ele iria morrer durante a Guerra de Tróia, depois de ser atingido no calcanhar por uma flecha. Hoje, os cientistas estão se perguntando se as novas variedades de criaturas emergem de seus laboratórios também têm um calcanhar de Aquiles escondido. Por exemplo, hoje Existem trinta e três tipos diferentes de" ratos inteligentes" tensões que melhoraram a memória e desempenho. No entanto, há um efeito colateral inesperado de ter memória melhor; ratos são inteligentes, por vezes, paralisados pelo medo. Se eles são expostos a um choque elétrico extremamente leve, por exemplo, eles vão do arrepio ao terror. *"É como se eles se lembrassem",* diz Alcino Silva, da UCLA, que desenvolveu sua própria linhagem de camundongos inteligentes. Os cientistas sabem agora que o esquecimento pode ser tão importante como se lembrar de dar sentido a este mundo e organizar o nosso conhecimento. Talvez tenhamos de jogar fora um monte de arquivos em fim de organizar nosso conhecimento. Isso nos faz lembrar-se de um caso de 1920, documentado pelo neurologista russo AR Luria, de um homem que tinha uma memória fotográfica. Depois de apenas uma única leitura da Divina Comédia de Dante, ele havia memorizado todas as palavras. Isso foi útil em seu trabalho como repórter de um jornal, mas ele foi incapaz de figurar a compreensão da fala. Luria observou, *"os obstáculos à sua compreensão era esmagadora: cada expressão deu origem a uma imagem, o que, em por sua vez, entraria em conflito com outra imagem que tinha sido evocada"*. Na verdade, os cientistas acreditam que tem que haver um equilíbrio entre esquecer e lembrar. Se você esquecer demais, você pode ser capaz de esquecer a dor de erros anteriores, mas também esquecer fatos e habilidades. Se você se lembrar muito, você poderá ser capaz de se lembrar de detalhes importantes, mas você poderá ficar paralisado pela lembrança de todas as feridas e retrocesso. Apenas um trade-off entre esses dois podem render entendimento ideal. Bodybuilders já estão reunindo diferentes drogas e terapias que lhes prometem a fama e glória. O hormônio eritropoietina (EPO) torna o mais oxigênio contendo células vermelhas do sangue, o que significa um aumento de resistência. Porque engrossa EPO no sangue, também tem sido associado a acidentes vasculares cerebrais e ataques cardíacos. Fatores de crescimento semelhante à insulina (IGF) são úteis porque ajudam proteínas para aumentar a massa muscular, mas eles têm sido relacionados ao crescimento do tumor. Mesmo que as leis sejam

aprovadas proibindo aprimoramentos genéticos, que serão difíceis de parar. Por exemplo, os pais estão geneticamente conectados por evolução para querer dar toda a vantagem para os seus filhos. Por um lado, isso pode significar dar-lhes violino, balé e aulas de esporte. Mas por outro lado, este pode significar dar-lhes melhoramentos genéticos para melhorar a sua memória, atenção, capacidade atlética, e talvez até mesmo sua aparência. Se os pais descobrem que seu filho está competindo com o filho de um vizinho que está espalhado boatos para ter sido geneticamente melhorado, haverá uma pressão enorme para dar o mesmo benefício para a criança. Como Gregory Benford, disse: *"Nós todos sabemos que as pessoas de boa aparência fazem bem". O que os pais poderiam resistir ao argumento de que eles estavam dando à criança um pontapé poderoso para cima (talvez literalmente) em um admirável mundo novo e competidor?* Pela metade do século, melhorias genéticas podem se tornar banais. Na verdade, os aprimoramentos genéticos poderão até mesmo ser indispensáveis, se quisermos explorar o sistema solar e viver em planetas inóspitos. Alguns dizem que deveríamos usar genes desenhados para nos tornar mais saudáveis e felizes. Outros dizem que devemos deixar para melhorias cosméticas. A grande questão será o quão longe isso vai. Em qualquer caso, pode tornar-se cada vez mais difícil controlar a propagação dos genes "desenhados" que parecem reforçar o desempenho. Nós não queremos que a raça humana seja dividida em diferentes facções genéticas, o reforço e a não melhoria, mas a sociedade terá democraticamente decidir em que medida a trazer esta tecnologia. Pessoalmente, creio que as leis serão passadas para regulamentar esta tecnologia poderosa, possivelmente para permitir que a terapia genética, quando a cura da doença e nos permite levar uma vida produtiva, mas para restringir a terapia genética, por razões puramente cosméticas. Isto significa que um mercado negro poderia eventualmente desenvolver para contornar essas leis, assim, poderemos ter que se ajustar a uma sociedade em que uma pequena fração da população está geneticamente melhorada. Para a maior parte, isso pode não ser um desastre. Já se pode usar a cirurgia plástica para melhorar a aparência, para usar a engenharia genética para fazer isso pode ser desnecessária. Mas o perigo pode surgir quando se tenta modificar geneticamente uma personalidade. Há provavelmente muitos genes que influenciam o comportamento, e eles interagem de forma complexa, de forma abusiva com os genes comportamentais podem gerar efeitos colaterais indesejados. Pode levar décadas para classificar todos estes efeitos colaterais. Mas, e quanto maior a valorização de todos os genes, uma extensão da vida humana?

Inversão do Envelhecimento

Ao longo da história, reis e senhores da guerra tinha o poder de comandar impérios inteiros, mas havia uma coisa que esteve sempre fora de seu controle: o envelhecimento. Assim, a busca pela imortalidade tem sido uma das mais antigas missões na história humana.

Na Bíblia, Deus expulsa Adão e Eva do Jardim do Éden por terem desobedecido a suas ordens relativas à maçã do conhecimento. O temor de Deus era que Adão e Eva pudessem usar esse conhecimento para descobrir o segredo da imortalidade e se tornarem deuses. Em Gênesis 3:22, a Bíblia diz: *"Eis que o homem se tornou como um de nós, conhecendo o bem e o mal, e agora, para que não estenda a sua mão, e tome também da árvore da vida, e coma e viva para sempre".* Além da Bíblia, um dos maiores e mais antigos contos na civilização humana, que remonta ao vigésimo sétimo século A.C. que é *A Epopeia de Gilgamesh*, sobre o grande guerreiro da Mesopotâmia. Quando seu companheiro, leal ao longo da vida morreu repentinamente, Gilgamesh decidiu embarcar em uma jornada para encontrar o segredo da imortalidade. Ele ouviu rumores de que um homem sábio e á sua esposa tinham sido concedidos o dom da imortalidade dos deuses, e eram, na verdade, os únicos na sua terra que tinham sobrevivido ao Dilúvio. Depois de uma jornada épica, Gilgamesh finalmente descobriu o segredo da imortalidade, só para ver uma serpente arrebata-lo se afastando no último minuto. Porque *A Epopeia de Gilgamesh* é uma das peças mais antigas de literatura, os historiadores acreditam que essa busca pela imortalidade foi à inspiração para o escritor grego Homero para escrever a Odisseia, e também para o dilúvio de Noé mencionado na Bíblia. Muitos dos primeiros reis, como o Imperador Qin, que unificou a China em torno de 200 a.C., enviou enormes frotas de navios para encontrar a Fonte da Juventude, mas todos falharam. (Segundo a mitologia, o Imperador Qin deu instruções à sua frota para não voltar se eles não conseguissem encontrar a Fonte da Juventude. Incapaz de encontrar a fonte, mas com muito medo de retornar, eles fundaram o Japão).

Durante décadas, a maioria dos cientistas acreditava que a vida era fixa e imutável, além do alcance da ciência. Dentro dos últimos anos, esta visão tem desmoronado sob o ataque de uma série impressionante de resultados experimentais que revolucionaram o campo. Gerontologia, uma vez que era uma área de remanso sonolenta, de ciência, tornou-se um dos campos mais promissores, atraindo centenas de milhões de dólares em fundos de pesquisa e até mesmo aumentando a possibilidade de desenvolvimento comercial. Os segredos do processo de envelhecimento estão agora a ser desvendados, e da genética irão desempenhar um papel vital neste processo. Olhando para o reino animal, vemos uma grande variedade de expectativa de vida. Por exemplo, nosso DNA difere do nosso parente mais próximo genético, o chimpanzé, por apenas 1,5 por cento, ainda assim, vivem 50 por cento mais. Ao analisar o punhado de genes que nos separa dos chimpanzés, podemos ser capazes de determinar porque é que vivemos muito mais tempo do que o nosso relação genética. Este, por sua vez, nos deu

uma "teoria unificada do envelhecimento", que traz as várias vertentes de investigação sobre um tapete, único e coerente. Os cientistas sabem agora que o envelhecimento é. É o acúmulo de erros no nível genético e celular. Estes erros podem construir de várias maneiras. Por exemplo, o metabolismo cria radicais livres e oxidação, que danificam a maquinaria delicada molecular das nossas células, causando-lhes a idade, os erros podem se acumular na forma de "lixo" acumulando detritos moleculares dentro e fora das células. O acúmulo desses erros genéticos é um subproduto da segunda lei da termodinâmica: a entropia total (ou seja, o caos) sempre aumenta. É por isso que ferrugem, podridão, decomposição, etc, são características universais da vida. A segunda lei é inevitável. Tudo, desde as flores do campo para os nossos corpos e mesmo o próprio universo, está condenado a murchar e morrer. Mas há uma brecha pequena, mas importante, a segunda lei afirma que a entropia total sempre aumenta. Isso significa que você pode realmente reduzir a entropia em um lugar e reverter o envelhecimento, enquanto você aumenta a entropia em outro lugar. Portanto, é possível obter mais juventude, à custa de uma devastação em outros lugares. (Isso foi em alusão a famosa novela de *Oscar Wilde, O Retrato de Dorian Gray*. Gray ficou misteriosa e eternamente jovem. Mas o segredo foi a pintura de si mesmo que com a idade envelhecia horrivelmente. Assim, o montante total do envelhecimento ainda maior.) O princípio da entropia também pode ser visto por um olhar para trás da geladeira. Dentro do refrigerador, diminui a entropia como a temperatura cai. Mas, para diminuir a entropia, você tem que ter um motor, o que aumenta o calor gerado atrás da geladeira, o aumento da entropia no exterior da máquina. É por isso que frigoríficos são sempre quentes nas costas.

Como prêmio Nobel Richard Feynman disse uma vez: *"Não há nada na biologia ainda encontrada que indica a inevitabilidade da morte. Isto sugere- me que não é de todo inevitável e que é apenas uma questão de tempo antes que os biólogos descubram o que é que está nos causando o problema e que esta terrível e universal doença ou provisoriedade do corpo do homem será curada".* A segunda lei também pode ser vista pela ação do hormônio sexual feminino o estrogênio que mantém as mulheres jovens e vibrantes até atingirem a menopausa, quando se acelera o envelhecimento e aumenta a taxa de mortalidade. O estrogênio é como colocar combustível de alta octanagem em um carro esportivo. O carro vai muito bem, mas no preço de causar mais desgaste no motor. Para as mulheres, o desgaste celular e lágrimas podem ser manifestados em câncer de mama. De fato, as injeções de estrogênio são conhecidas por acelerar o crescimento do câncer de mama. Assim, as mulheres pagam o preço para a juventude e vigor antes da menopausa é, possivelmente, um aumento de entropia total, neste caso, o câncer de mama. (Houve um grande número de teorias propostas para explicar o recente aumento nas taxas de câncer de mama, que ainda são muito controversas. Uma teoria diz que isso é em parte relacionada com o número total de ciclos menstruais que a mulher tem. Ao longo da história antiga, após a puberdade

mulheres eram mais ou menos constantemente grávidas até que entraram na menopausa, e então morriam logo depois. Isso significa que elas tinham poucos ciclos menstruais, os baixos níveis de estrogênio e, portanto, possivelmente, um nível relativamente baixo de câncer de mama. Hoje, as meninas atingem a puberdade mais cedo, muitas têm o ciclo menstrual, ostentando uma média de apenas 1,5 filhos, vivem a menopausa, e, portanto, têm muito mais exposição ao estrógeno, levando a um possível aumento na a ocorrência de câncer de mama). Recentemente, uma série de pistas tentadoras foi descoberta sobre genes e envelhecimento. Primeiro, os pesquisadores mostraram que é possível produzir gerações de animais que vivem mais do que normal. Em particular, as células de leveduras, e vermes nematoides, e as moscas de fruta podem ser criados em laboratório para viver mais do que o normal. O mundo científico ficou chocado quando Michael Rose, da Universidade da Califórnia em Irvine, anunciou que ele foi capaz de aumentar a vida extensão de moscas da fruta em 70 por cento por reprodução seletiva. Sua "superflies", ou Moscas Matusalém, foram encontradas para ter maior quantidade de antioxidantes superóxidos dismutase (SOD), que podem retardar os danos causados pelos radicais livres. Em 1991, Thomas Johnson, da Universidade do Colorado em Boulder isolaram um gene, que ele apelidou de idade-1, que parece ser responsáveis pelo envelhecimento em nematóides e aumenta suas esperanças de vida em 110 por cento. *"Se algo como idade-1 existe nos seres humanos, poderíamos realmente ser capazes de fazer algo espetacular"*, observou ele.

Os cientistas já isolaram uma série de genes (idade-1, a idade-2, daf-2) que controlam e regulam o processo de envelhecimento em organismos inferiores, mas estes genes têm homólogos em humanos também. De fato, um cientista observou que a mudança do ciclo de vida de células de levedura foi quase como uma pancada num interruptor de luz. Quando ativado um determinado gene, as células viviam mais tempo. Quando desativadas, eles viveram uma vida mais curta. Melhoramento genético de células de levedura para viver é mais simples em comparação com a pesada tarefa de criação de seres humanos, que vivem tanto tempo que o teste é quase impossível. Mas isolar os genes responsáveis pelo envelhecimento pode acelerar, no futuro, especialmente quando todos nós temos nossos genomas em um CD-ROM. Até então, os cientistas tem um enorme banco de dados de milhares de genes que podem ser analisados por computadores. Os cientistas serão capazes de digitalizar milhões de genomas de dois grupos de pessoas, os jovens e os velhos. Ao comparar os dois conjuntos, um pode, então, identificar onde o envelhecimento ocorre no nível genético. Uma varredura preliminar destes genes já isolada sobre os genes de sessenta em que o envelhecimento parece estar concentrado. Por exemplo, os cientistas sabem que a longevidade tende a rodar um pouco nas famílias. As pessoas que vivem muito tempo tendem a ter os pais que também viveram muito tempo. O efeito não é dramático, mas isso pode ser medido. Os cientistas que analisam os gêmeos idênticos que foram separados no nascimento também poderão ver isso no nível genético. Mas a nossa

expectativa de vida não é 100 por cento determinadas por nossos genes. Os cientistas que os estudaram acreditam que nossa expectativa de vida é de apenas 35 por cento determinados por nossos genes. Assim, no futuro, quando todos têm o seu genoma 100 %pessoal, alguém pode ser capaz de digitalizar os genomas de milhões de pessoas por computador para isolar os genes que controlar parcialmente a nossa vida. Além disso, estes estudos feitos no computador poderão ser capazes de localizar precisamente onde o envelhecimento ocorre principalmente. Em um carro, sabemos que o envelhecimento ocorre principalmente no motor, onde a gasolina é oxidada e queimada. Da mesma forma, a análise genética mostra que o envelhecimento é concentrado no --"motor" da célula, as mitocondriais, ou planta da célula de energia. Isto permitiu aos cientistas para reduzir a procura por "genes velhos" e procurar formas de acelerar o reparo do gene no interior da mitocôndria para reverter os efeitos do envelhecimento. Em 2050, talvez seja possível retardar o processo de envelhecimento através de uma variedade de terapias, por exemplo, as células-tronco, as lojas de corpos humanos, e o gene da terapia para corrigir o envelhecimento dos genes. Poderíamos viver até os 150 ou mais. Em 2100, pode ser possível reverter os efeitos do envelhecimento, acelerando a reparação celular dos mecanismos para viver bem, além disso.

Restrição Calórica

Essa teoria também pode explicar o estranho fato de que a restrição calórica (ou seja, diminuindo as calorias que comemos em 30 por cento ou mais) aumenta o tempo de vida 30 por cento. Todos os organismos estudados até agora, a partir de células de levedura, aranhas e insetos para coelhos, cães, macacos e, agora, exibem este estranho fenômeno. Animais que receberam esta dieta têm menos tumores restritos, menos doenças cardíacas, uma menor incidência de diabetes, e menos doenças relacionadas com o envelhecimento. De fato, a restrição calórica é o único mecanismo conhecido garantido para aumentar o tempo de vida que tem sido testado vário vezes, ao longo de quase todo o reino animal, e trabalha o tempo todo. Até recentemente, a única espécie que ainda havia iludido os pesquisadores da restrição calórica eram os primatas, de que os seres humanos são um membro, porque eles vivem tanto tempo.

Os cientistas estavam especialmente ansiosos para ver os resultados da restrição calórica em macacos rhesus. Finalmente, em 2009, o resultado aguardado entrou no Estudo da Universidade de Wisconsin mostrou que, após 20 anos de restrição calórica, os macacos em dieta restrita sofreram menos a doença através do estudo: menos diabetes, câncer, doenças do coração. Em geral, esses macacos estavam em uma saúde melhor do que seus primos que foram alimentados com uma dieta normal.

Há uma teoria que pode explicar este fato: A natureza dá animais as duas "escolhas" sobre a forma como eles usam sua energia. Durante tempos de abundância, a energia é usada para reproduzir. Durante os tempos de fome, o corpo desliga a reprodução das células, economiza energia, e tenta escapar da fome. No reino animal, o estado de inanição próximo é comum e, portanto, os animais frequentemente fazem a "escolha" de encerrar a reprodução, retardando o metabolismo, vivendo mais, e esperando por dias melhores no futuro. O Santo Graal da pesquisa do envelhecimento é de alguma forma preservar os benefícios da restrição calórica, sem a desvantagem de (passar fome). A tendência natural das pessoas aparentemente é o ganho de peso, e não perdê-lo. De fato, viver em uma dieta de restrição calórica não é divertido, você é alimentado com uma dieta que faria um eremita se morder. Além disso, os animais alimentados com uma dieta particularmente gravemente, restrita nos tornariam apáticos, lentos, e perder todo o interesse em sexo. O que motiva os cientistas é a busca de um gene que controla esse mecanismo, pelo qual podemos colher os benefícios da restrição calórica, sem o lado negativo.

Uma dica importante para isso foi encontrada em 1991 pelo pesquisador do MIT Leonard P. Guarente e outros, que estavam à procura de um gene que poderia prolongar intervalo de vida de células de levedura. Guarente, David Sinclair, de Harvard, e colegas descobriram o gene SIR2, que está envolvido em trazer sobre os efeitos da restrição calórica. Este gene é responsável por detectar as reservas de energia de uma célula. Quando as reservas de energia estão baixas, como durante uma fome, o gene é ativado. Este é precisamente o que se poderia esperar em um gene que controla os efeitos da restrição calórica. Eles também descobriram que o gene SIR2 tem um homólogo em camundongos e em humanos, chamada de genes SIRT que produzem proteínas chamadas sirtuins. Em seguida olharam para os produtos químicos que ativam o sirtuins, e encontraram o resveratrol químico. Isso foi interessante, porque os cientistas também acreditam que o resveratrol pode ser responsável pelos benefícios do vinho tinto e pode explicar o "paradoxo francês". "A culinária francesa é famosa por seus molhos ricos, que são ricos em gorduras e óleos, mas os franceses parecem ter uma vida normal". Talvez esse seja o mistério que pode ser explicado porque os franceses consomem muito vinho tinto, que contém resveratrol. Os cientistas descobriram que os ativadores sirtuin podem proteger camundongos a partir de uma impressionante variedade de doenças, incluindo câncer de pulmão e de cólon, melanoma, linfoma, diabetes tipo 2, doença cardiovascular e doença de Alzheimer, de acordo com Sinclair. Se uma fração dessas doenças pode ser tratada em seres humanos através sirtuins, que iria revolucionar toda a medicina.

Recentemente, uma teoria tem sido proposta para explicar todas as propriedades notáveis do resveratrol. De acordo com Sinclair, o principal objetivo da sirtuin é impedir que certos genes fossem ativados. Os cromossomos de uma única célula, por exemplo, se totalmente esticada, se estenderia de seis pés, fazendo uma

astronomicamente molécula longa. A qualquer momento, apenas uma parte dos genes ao longo destes seis pés de cromossomos são necessárias, todo o resto deve ser inativo. A célula de gags mais dos genes quando eles não são necessários envolvendo o cromossomo firmemente com a cromatina, que é mantida pelo sirtuin. Às vezes, porém, há rupturas catastróficas desses cromossomos delicados, como uma ruptura total de um dos fios. Em seguida, o sirtuins na primavera entra em ação, ajudando a reparar o cromossomo quebrado. Mas quando o sirtuins temporariamente deixa os seus postos de vir para o resgate, eles devem abandonar sua principal tarefa de silenciar os genes. Assim, os genes são ativados, causando um caos genético. Esta repartição, Sinclair propõe, é um dos principais mecanismos de envelhecimento. Se isso for verdade, então talvez os sirtuins não só podem deter o avanço do envelhecimento, mas também pode reverter isso. Danos ao DNA de nossas células são de difícil reparação e reversão. Mas Sinclair acredita que muito do nosso envelhecimento é causado por sirtuins que tenham sido desviados da sua principal tarefa, permitindo que as células se degenerem. O desvio desses sirtuins pode ser facilmente revertido, afirma.

Fonte da juventude?

Um subproduto indesejado desta descoberta, no entanto, foi o circo da mídia que provocou. De repente, os 60 minutos de programa da Oprah Winfrey caracterizado com o resveratrol, criando um tumulto na internet, com empresas fly-by-night surgindo durante a noite, prometendo o elixir da vida. Parece como se cada vendedor de banha de cobra e charlatão queria saltar sobre o carro de propaganda do resveratrol. (Eu tive a oportunidade de entrevistar Guarente, o homem que iniciou esta debandada de mídia, em seu laboratório. Ele foi cauteloso em suas declarações, ao perceber o impacto midiático que seus resultados pudessem ter e os equívocos que podem se desenvolver. Em particular, ele ficou furioso que os sites de Internet para que muitos estejam agora fazendo publicidade do resveratrol como uma espécie de fonte da juventude. Foi terrível, observou ele, que as pessoas estavam tentando lucrar com a fama repentina que o resveratrol tem obtido, embora a maioria dos resultados ainda seja preliminar. No entanto, ele não descarta a possibilidade de que um dia, se a fonte da juventude será sempre encontrada, supondo que ela existe mesmo, então SIR2 podem desempenhar um papel. Sua colega Sinclair, na verdade, admite que ele levasse grandes quantidades de resveratrol a cada dia).

O interesse na pesquisa sobre o envelhecimento é tão intensa no seio da comunidade científica de que Harvard Medical School patrocinou uma conferência em 2009, que atraiu os pesquisadores mais importantes no campo. Na plateia estavam muitos dos que foram pessoalmente submetidos à restrição calórica. Procurando magro

e frágil, que foram colocando sua filosofia científica para o teste, restringindo suas dietas. Havia também membros do Clube 120, que pretendem viver até a idade de 120 anos. Em interesse particular, foi focada em Sirtris Farmacêuticas, co-fundada por David Sinclair e Christoph Westphal, que está agora colocando alguns de seus substitutos de resveratrol, por meio de ensaios clínicos. Westphal diz sem rodeios: *"Em cinco ou seis ou sete anos, haverá drogas que prolongam a longevidade*." Os produtos químicos que não existiam há alguns anos são o tema de grande interesse uma vez que passar por provações. SRT501 está sendo testada contra vários mielomas múltiplos e câncer de cólon. SRT2104 está sendo testada contra a diabetes tipo 2. Não só sirtuins, mas também uma série de outros genes, proteínas e substâncias químicas (Incluindo o IGF-1, TOR, e rapamicina) são rigorosamente analisadas por vários grupos. Só o tempo dirá se esses ensaios clínicos sejam bem sucedidos. A história da medicina está repleta de contos de artificiais, ardis, fraude e quando se trata ao processo de envelhecimento. Mas a ciência, não a superstição, se baseia em dados reproduzíveis, testáveis e falsificáveis. Como o Instituto Nacional do Envelhecimento configura programas para testar várias substâncias para os efeitos do envelhecimento, então vamos verificar se estes estudos intrigantes sobre os animais levados para os seres humanos.

Temos que morrer?

William Haseltine, um pioneiro da biotecnologia, uma vez me disse, *"A natureza da vida não é a mortalidade. É a imortalidade. O DNA é uma molécula imortal. Essa primeira molécula apareceu talvez 3,5 bilhões de anos. Essa molécula ela mesma, através da duplicação, é em torno de hoje... É verdade que corremos para baixo, mas nós conversamos sobre como projetar o caminho para o futuro e a capacidade de alterar isso. Em primeiro lugar para estender as nossas vidas de duas á três vezes. E talvez, se nós entendermos o cérebro suficientemente bem, alargar tanto o nosso corpo e nosso cérebro indefinidamente. E eu não acho que será um processo natural."* Os biólogos evolucionistas apontam que a pressão evolutiva é colocada em animais durante seus anos reprodutivos. Depois de um animal é o seu passado de anos de reprodução, pode de fato se tornar um fardo para o grupo e, portanto, talvez, a evolução tenha sido programada para morrer de velhice. Assim, talvez estejamos programados para morrer. Mas talvez possamos nos reprogramar e viver mais tempo. Na verdade, se olharmos para os mamíferos, por exemplo, descobrimos que o maior mamífero, a menor a taxa de seu metabolismo, e quanto mais tempo ela vive. Ratos, por exemplo, queimam uma quantidade enorme de alimentos em relação ao seu peso corporal, e vivem apenas cerca de quatro anos. Os elefantes têm

uma taxa de metabolismo muito mais lenta e vivem a setenta. Se o metabolismo corresponde ao acúmulo de erros, então isto aparentemente concorda com o conceito que você viver mais, se a sua taxa de metabolismo é mais baixa. (Isto pode explicar a expressão *"queimando a vela em ambas as extremidades."* Certa vez li uma história acerca de um gênio que se ofereceu para conceder um homem qualquer coisa que ele quisesse. Ele imediatamente pediu pra viver 1.000 anos. O gênio lhe concedeu o seu desejo e transformou-o em uma árvore).

Os biólogos evolucionistas tentam explicar a esperança da vida em termos de longevidade como pode ajudar a espécie a sobreviver na selva. Para eles, uma esperança de vida especificamente determinada geneticamente, pois ajuda a espécie a sobreviver e prosperar. Ratos vivem tão brevemente, em sua opinião, porque estão constantemente sendo perseguidos por uma variedade de predadores e, muitas vezes congelam até a morte no inverno. Os ratos que transmitir seus genes para a próxima geração são os que têm mais filhos, não os que vivem mais. (Se essa teoria estiver correta, então podemos esperar que os ratos que de alguma forma possam voar longe dos predadores porque viveriam mais. Na verdade, os morcegos, que são do mesmo tamanho dos ratos, vivem 3,5 vezes mais). Mas uma anomalia vem os répteis. Aparentemente, certos répteis não têm tempo de vida conhecidas. Eles podem até mesmo viver para sempre. Jacarés e crocodilos simplesmente ficam maiores e maiores, mas continuam tão vigorosos e enérgicos como sempre. (Livros didáticos muitas vezes alegam que os jacarés assistidos ao vivo passaram ter apenas 70 anos de idade. Mas isto talvez seja porque o tratador morreu aos setenta anos de idade. Outros manuais são mais honestos e dizem que a vida dessas criaturas é maior de setenta, mas nunca foi cuidadosamente medido sob condições de laboratório.) Na realidade, estes animais não são imortais, porque eles morrem de acidentes, fome, doença, etc., Mas se for deixados em um jardim zoológico, eles têm tempo de vida enorme, quase parecendo viver para sempre.

Relógio Biológico

Outra dica interessante vem do telômeros de uma célula, que funcionam como um "relógio biológico." Como as pontas de plástico nas extremidades dos cadarços, os telômeros são encontrados nas extremidades de um cromossomo. Após cada ciclo de reprodução, eles ficam mais curtos. Eventualmente, depois de reproduções de sessenta ou mais (para a pele das células), os telômeros se desfazem. A célula entra então em senescência e deixa de funcionar corretamente. Assim, os telômeros são como o pavio de uma banana de dinamite. Se o fusível fica menor após cada ciclo de reprodução, eventualmente o fusível desaparece e a célula para de se reproduzir. Este é o chamado limite de Hayflick, que parece colocar um limite máximo para o ciclo de vida de certas

células. As células cancerosas, por exemplo, não têm limite de Hayflick e produzir uma enzima chamada telomerase, que impede que os telômeros fiquem cada vez mais curtos. A enzima telomerase pode ser sintetizada. Quando aplicada às células da pele, que aparentemente se reproduz sem limite. Elas se tornam imortais. No entanto, existe um perigo aqui. As células cancerosas também são imortais, dividindo-se sem limite no interior de um tumor. Na verdade, é por isso que as células cancerígenas são tão letais, porque se reproduzem sem limite, até que o corpo já não possa mais funcionar. Então, a enzima telomerase tem de ser analisada com cuidado. Qualquer terapia utilizando telomerase para retroceder o relógio biológico deve ser verificada para se certificar de que não causa câncer.

Imortalidade + Juventude

A perspectiva da extensão da vida humana é uma fonte de alegria para alguns e um horror para outros, como nós contemplamos uma explosão populacional e de uma sociedade de idosos decrépitos que vão falir o país. Uma combinação de terapias biológicas, mecânicas e nanotecnológicas não podem, de facto, apenas aumentar a nossa vida, mas também preservar a nossa juventude no processo. Robert A. Freitas Jr., que se aplica da nanotecnologia na medicina, disse: *"Essas intervenções podem se tornar- tão banais com mais algumas décadas do que hoje. Usando exames anuais e limpezas, e alguns reparos ocasionais importantes, sua idade biológica pode ser restabelecida, uma vez por ano para mais ou menos. A idade fisiológica constante que você selecionar. Você ainda pode, eventualmente, morrer de causas acidentais, mas tirando isso você vai viver, pelo menos, dez vezes mais do que você faz agora"*. No futuro, a extensão da vida não será uma questão de beber da lendária Fonte da Juventude. Mais provavelmente, será uma combinação de vários métodos: fazer crescer os novos órgãos quando eles se desgastarem ou se tornarem doentes, através da engenharia de tecidos e células-tronco. Ingerir um coquetel de proteínas e enzimas que são projetados para aumentar os mecanismos de reparação celular, que regulam o metabolismo, redefinir o biológico relógio, e reduzir a oxidação. través da terapia genética para alterar os genes que podem retardar o processo de envelhecimento. Manutenção de um estilo de vida saudável (exercícios e uma boa dieta). Usando nano-sensores para detectar doenças como o câncer anos antes que se tornem um problema.

População, comida e poluição

Mas uma pergunta recorrente é: Se a expectativa de vida pode ser aumentada, então vamos sofrer com a superpopulação? Ninguém sabe. Retardar o processo de envelhecimento traz à tona uma série de implicações sociais. Se vivermos mais tempo, não vamos superpovoar a terra? Porém, alguns apontam que a maior parte da extensão da vida já aconteceu, com a expectativa de vida explodindo 45-70 para os oitenta anos em apenas um século. Em vez de criar uma explosão demográfica, que tem indiscutivelmente feito o inverso. Como as pessoas estão vivendo mais, elas tem as carreiras para administrar e se adiam para engravidar. Na verdade, a nativa população europeia é realmente diminuem drasticamente. Portanto, se as pessoas vivem vidas mais longas e mais ricas, elas podem espaçar seus filhos nesse sentido, e têm menos deles. Com muitas décadas de vida, as pessoas vão repor quadros de seu tempo nesse sentido e, portanto, fora do espaço ou atraso de seus filhos. Outros afirmam que as pessoas rejeitam esta tecnologia, porque é natural e pode violar suas crenças religiosas. De fato, pesquisas informais tomadas da população em geral mostram que a maioria das pessoas pensa que a morte é natural e ajuda a dar sentido à vida. (No entanto, a maioria das pessoas entrevistadas nessas pesquisas são jovens de meia-idade. Se você vai para um lar de idosos, onde as pessoas estão perdendo tempo, vivendo com dor constante, e à espera de morrer e fazer a mesma pergunta, você pode ter uma resposta totalmente diferente). Como Greg UCLA Stock diz: *"Gradualmente, a nossa agonia de brincar de Deus e as nossas preocupações sobre a expectativa de vida já daria lugar a um novo coro: "Quando é que eu posso conseguir um comprimido?"*

Em 2002, com os melhores dados demográficos, os cientistas estimam que 6 por cento de todos os seres humanos que já caminharam sobre a face da Terra ainda estão vivos hoje. Isso ocorre porque a população humana oscila em torno de um milhão para a maioria da história humana. Da forragem para o abastecimento insuficiente de alimentos mantinham a população humana em níveis baixos. Mesmo durante o auge do Império Romano, a sua população era estimada em apenas 55 milhões. Mas, nos últimos 300 anos, tem havido um aumento dramático da população mundial coincidiu com o surgimento da medicina moderna e Revolução Industrial, que produziram uma recompensa de comida e suprimentos. E no século XX, a população mundial atingiu novas alturas, mais do que dobrando 1950-1992: de 2.500 a 5.500 milhões. Ela agora está em 6,7 bilhões. Anualmente, 79 milhões de pessoas se juntam a raça humana, que é mais do que toda a população da França. Como resultado, muitas previsões do Juízo Final têm sido feitas, mas até agora a humanidade foi capaz de se esquivar da bala. De volta em 1798, Thomas Malthus nos avisou o que iria acontecer quando a população excedesse a oferta de alimentos. A fome, os distúrbios alimentares, o colapso dos governos, e fome em massa poderiam resultar até um novo equilíbrio é encontrado entre população e recursos. Desde a oferta de alimentos aumenta apenas linearmente com o tempo, enquanto a população cresce exponencialmente, parecia inevitável que em algum ponto do mundo teriam atingido o ponto de ruptura. Malthus previu fomes em

massa em meados da década de 1800. Mas em 1800, a população mundial estava apenas nas fases iniciais de grande expansão, e por causa da descoberta de novas terras, a fundação das colônias, o aumento da oferta de alimentos, etc., nunca os desastres previstos por Malthus aconteceram.

Em 1960, outra previsão malthusiana foi feito, informando que uma bomba iria em breve a população atingiu a terra, com o colapso global até o ano 2000. A previsão estava errada. A revolução verde se expandiu com sucesso a oferta de alimentos. Os dados mostram que os aumentos da oferta de alimentos ultrapassaram o crescimento da população mundial, derrotando assim temporariamente a lógica de Malthus. De 1950 a 1984, a produção de grãos aumentou em mais de 250 por cento, principalmente devido aos fertilizantes e novas tecnologias agrícolas. Mais uma vez, fomos capazes de se esquivar da bala. Mas, agora, a expansão populacional está em pleno andamento, e alguns dizem que estamos chegando ao limite da capacidade do planeta Terra de criar fontes de alimento. Sinistra, a produção de alimentos está começando a se achatar, tanto na produção mundial de grãos e alimentos colhidos a partir dos oceanos. O governo do Reino Unido o cientista-chefe avisou de uma tempestade perfeita de explosão da população e queda no abastecimento de alimentos e energia até 2030. O mundo terá de produzir 70 por cento mais alimentos até 2050 para alimentar um extra de 2,3 bilhões de pessoas, Comida das Nações Unidas e Organização para a Agricultura foi o que disseram, ou então, em face do desastre. Essas projeções podem subestimar o verdadeiro alcance do problema. Com centenas de milhões de pessoas da China e da Índia de entrar no meio da classe, eles vão querer aproveitar o mesmo luxo que eles viram em filmes de Hollywood, como dois carros, amplas residências suburbanas, hambúrgueres e batatas fritas, etc., e pode prejudicar os recursos do mundo. De fato, de Lester Brown, um dos principais ambientalistas do mundo e fundador do Mundo Watch Institute, em Washington, DC, confidenciou-me que o mundo pode não ser capaz de lidar com a tensão de proporcionar um estilo de vida da classe média para muitas centenas de milhões de pessoas.

Alguma esperança para a população mundial

Há alguns sinais de esperança, porém. Controle de natalidade, uma vez que um tema tabu tomou conta do mundo desenvolvido e está fazendo incursões no mundo em desenvolvimento. Na Europa e no Japão, podemos ver a implosão, não a explosão, da população. A taxa de natalidade é tão baixa quanto 1,2-1,4 filhos por família em algumas nações europeias, muito abaixo do nível de substituição de 2,1. O Japão está sendo atingido com um golpe triplo. Um, que tem população de mais rápido envelhecimento da Terra. As mulheres japonesas, por exemplo, detinham o recorde de

mais de 20 anos por ter a maior expectativa de vida de qualquer grupo. Dois o Japão tem um índice de natalidade baixa. E três, o governo mantém a imigração extremamente baixa. Estas três forças demográficas estão criando um desastre de trem em câmera lenta em movimento. E a Europa não fica muito atrás.

Uma lição aqui, é que o maior anticoncepcional do mundo é a prosperidade. No passado, os camponeses sem planos de aposentadoria ou de segurança social tentaram ter mais crianças quanto fosse possível para labutar nos campos e para cuidar deles quando ficassem velhos, fazendo um cálculo simples: cada nova criança na família significa mais mãos no trabalho, mais renda e mais pessoas para cuidar de você na velhice. Mas quando um camponês entra na classe média, com benefícios de reforma e uma vida confortável, a equação vira outra: cada criança reduz a renda e a qualidade de vida. No terceiro mundo, você tem o problema oposto, uma população em rápida expansão, onde grande parte da população está abaixo da idade de vinte anos. Mesmo onde a explosão populacional é esperada em ser a maior, na Ásia e na África subsaariana, a taxa de natalidade tem caído, por vários motivos. Primeiro você tem a rápida urbanização da população camponesa, como os agricultores deixam suas terras ancestrais para tentar a sorte nas megacidades. Em 1800, apenas 3 por cento da população vivia nas cidades. Até o final do século XX, esse número subiu para 47 por cento, e espera-se a subir acima do que, nas próximas décadas. Os gastos com a educação infantil na cidade reduz drasticamente o número de crianças em uma família. Com os aluguéis, a alimentação e despesas serem tão altas, os pesquisadores nas favelas das megacidades realizar o mesmo cálculo e concluir que cada criança reduz a sua riqueza. Em segundo lugar, como os países se industrializam, como na China e na Índia, isso cria uma classe média que quer menos filhos, como no Ocidente industrializado. E, terceiro, a educação das mulheres, mesmo em países pobres como o Bangladesh, criou uma classe de mulheres que querem menos filhos. Devido a um extenso plano educacional, a taxa de natalidade em Bangladesh caiu de 7 para 2,7, mesmo sem a urbanização em grande escala ou industrialização. Perante todos estes fatores, a ONU tem revisto constantemente as suas figuras sobre o crescimento futuro da população. As estimativas ainda variam, mas a população mundial poderá atingir os 9 bilhões em 2040. Embora a população continue a aumentar, a taxa de crescimento será mais lenta e, eventualmente, se estabilizaria. Sendo otimista, o mesmo pode estabilizar em torno de 11 bilhões até 2100. Normalmente, pode-se considerar que isto é além da capacidade de absorção do planeta. Mas isso depende de como se define a capacidade de carga, porque não pode ser uma nova revolução verde na tomada. Uma possível solução para alguns desses problemas é a biotecnologia. Na Europa, a bioengenharia de alimentos tem uma reputação ruim que pode durar uma geração inteira. A indústria da biotecnologia dos herbicidas comercializados simultaneamente aos agricultores, bem como as culturas resistentes a herbicidas. Para a indústria da biotecnologia, isto significa mais vendas, mas para o consumidor, isso significava mais venenos em seu

alimento, e rapidamente o mercado implodiu. No futuro, porém, os grãos como o "super-arroz" pode entrar no mercado, ou seja, as culturas especificamente projetadas para prosperar em solo seco, hostil e também em ambientes estéreis. Por razões morais, seria difícil opor-se à introdução de culturas que fossem seguras e que podem alimentar centenas de milhões de pessoas.

Ressuscitando formas de vida extintas

Mas outros cientistas não estão apenas interessados em prolongar vida humana da morte certa. Eles estão interessados em trazer de volta as criaturas dos mortos. No filme *Jurassic Park*, os cientistas extraem o DNA dos dinossauros, e insere os ovos de répteis, e trazem os dinossauros de volta à vida. Embora um DNA utilizável dos dinossauros até agora nunca foi encontrado, há pistas excitantes que este sonho não é totalmente absurdo. Até o final deste século, os nossos Zoos poderão ser habitados por criaturas que deixaram a superfície da Terra á milhares de anos atrás. Como mencionamos anteriormente, Robert Lanza, deu o primeiro passo importante por clonagem, de uma espécie em extinção. Seria uma vergonha, ele sentiu, se esse raro boi morresse. Então, ele está considerando outra possibilidade: a criação de um novo animal clonado, mas do sexo oposto. Nos mamíferos, o sexo de um organismo é determinado pelos cromossomos X e Y. Ao mexer com esses cromossomos, ele está confiante de que pode clonar outro animal desta carcaça, com exceção do o sexo oposto. Desta forma, os jardins zoológicos de todo o mundo podem desfrutar assistindo animais de espécies mortas há muito tempo terem filhos. "Uma vez eu jantei com *Richard Dawkins*, da Universidade de Oxford e autor de *O Gene Egoísta* ", que leva isto a um passo adiante. Ele especula que um dia poderemos ser capazes de ressuscitar uma variedade de formas de vida que não são apenas ameaçados, mas também têm sido extintos há muito tempo. Primeiro ele observa que todos os 27 meses, o número de genes que já foram duplamente sequenciados. Em seguida, ele calcula que nas próximas décadas vai custar apenas U$160,00 a sequência completa do genoma de alguém. Ele vislumbra um momento em que os biólogos vão levar um pequeno kit com eles e, em seguida, dentro de minutos, serão capazes de sequenciar o genoma inteiro de qualquer forma de vida que encontrassem. Mas ele vai mais longe e teoriza que, em 2050, seremos capazes de construir todo o organismo do seu genoma sozinho. Ele escreve: *"Eu acredito que por volta de 2050, seremos capazes de ler o texto [da vida]. Vamos alimentar o genoma de um animal desconhecido em um computador que irá reconstruir não apenas a forma do animal, mas o mundo detalhado em que seus ancestrais viveram..., incluindo os seus predadores ou presas, parasitas ou hospedeiros, locais de nidificação, e mesmo esperanças e medos"*. "Citando o trabalho

de Sydney Brenner, Dawkins acredita que nós podemos reconstruir o genoma do "elo perdido" entre os humanos e os macacos". Isso seria um avanço verdadeiramente notável. A julgar pelas evidências fósseis e DNA, separados dos símios á cerca de 6 milhões de anos atrás. Desde o nosso DNA difere dos chimpanzés em apenas 1,5 por cento, no futuro, um programa de computador deverá ser capaz de analisar o nosso DNA e o DNA de um chimpanzé e, em seguida, aproximar matematicamente o DNA do ancestral comum que deu origem às duas espécies. Uma vez que a genoma hipotético de nosso ancestral comum é matematicamente reconstruído, um programa de computador, então, nos dará uma reconstrução visual do que parecia, bem como as suas características. Ele chama isso de Projeto Genoma Lucy, em homenagem ao célebre fóssil de Australopithecus. Ele ainda teoriza que uma vez que o genoma do elo perdido foi matematicamente recriado por um programa de computador, talvez seja realmente possível criar o DNA desse organismo, implantá-lo em um óvulo humano e, em seguida, inserir o óvulo em uma mulher, que depois dará à luz aos nossos antepassados.

Embora esse cenário não teria sido julgado absurdo poucos anos atrás, vários acontecimentos indicam que não é como um sonho exagerado. Primeiro, o punhado de genes-chave que nos separam dos chimpanzés estão agora a ser analisados em detalhe. Um candidato interessante é o gene ASPM, que é responsável por controlar o tamanho do cérebro. O cérebro humano aumentou de tamanho vários milhões de anos atrás, por razões que não são compreendidas. Quando esse gene sofre mutação, faz com que a microcefalia, em que o crânio é pequeno e o cérebro reduzido em 70 por cento, com o mesmo tamanho de nossos antigos ancestrais de milhões anos atrás. Curiosamente, é possível usar computadores para analisar a história deste gene. Análises mostram que houve pelo menos umas quinze mutações nos últimos 5 a 6 milhões de anos, desde que nos separamos os chimpanzés, que coincide com o aumento do nosso tamanho do cérebro. Comparado aos nossos primos primatas, os seres humanos tiveram a maior taxa de variação nesse gene-chave. Ainda mais interessante é a região HAR1 do genoma, que contém apenas 118 letras. Em 2004, descobriu-se que a diferença crucial entre chimpanzés e os seres humanos nesta região tinha apenas 18 letras, ou ácidos nucléicos. Os chimpanzés e galinhas divergiram 300 milhões de anos, mas seus pares de bases na região do HAR1 diferem em apenas duas letras. O que isto significa é que a região HAR1 ficou notavelmente estável ao longo da história evolutiva, até a vinda dos seres humanos. Assim, talvez os genes que fazem de nós seres humanos estão contidos ali. Mas há um desenvolvimento ainda mais espetacular que faz a proposta de Dawkins parecer viável. O genoma inteiro mais próximo de nosso vizinho genético, o longo e extinto Neandertal, já foi sequenciado. Talvez por análise computadorizada do genoma de humanos, chimpanzés, e Neandertais, pode-se usar a matemática pura para reconstruir o genoma do elo perdido.

Trazer de volta o homem Neandertal?

Os humanos e os Neandertais provavelmente divergiram há cerca de 300.000 anos atrás. Mas essas criaturas morreram cerca de 30.000 anos atrás na Europa. Por isso, foi muito tempo se pensou que era impossível de extrair DNA de Neandertais utilizáveis mortos há muito tempo. Mas em 2009, foi anunciado que uma equipa liderada por Svante Pääbo do Instituto Max Planck para Antropologia Evolucionária, em Leipzig tinha produzido um primeiro rascunho do genoma Neanderthal, analisar o DNA de seis Neandertais. Essa foi uma conquista monumental. O genoma do Neandertal, como esperado, foi muito semelhante à do genoma humano, ambos contendo 3 bilhões de pares de base, mas também diferentes em aspectos fundamentais. O antropólogo Richard Klein, de Stanford, comentando sobre esse trabalho de Pääbo e seus colegas, disse que esta reconstrução pode responder de longa data perguntas sobre o comportamento de Neanderthal, como se eles pudessem conversar. Os seres humanos têm duas alterações nomeadamente no gene FOXP2, que, em parte, nos permitem falar milhares de palavras. Uma análise cuidadosa mostra que o Homem de Neandertal tinha as mesmas duas alterações genéticas no seu gene FOXP2. Por isso, é concebível que o Neandertal pode ter sido capaz de vocalizar de forma semelhante a nós. Uma vez que os Neandertais eram nosso parente mais próximo genético, eles são um assunto de grande interesse entre os cientistas. Alguns levantaram a possibilidade de um dia reconstruir o DNA do Neandertal e inseri-lo em um óvulo, o que pode um dia se tornar uma vida de Neandertal. Então, depois de milhares de anos, os Neandertais podem um dia andar na superfície da Terra.

George Church, da Harvard Medical School ainda estimou que custassem apenas US $ 30 milhões para trazer o Neandertal de volta à vida, e ele colocou mesmo um plano para fazê-lo. Pode-se dividir o primeiro genoma humano em pedaços, com 100.000 pares de DNA em cada peça. Cada um deles seria inserido uma bactéria e, em seguida, alteradas geneticamente para que o genoma igualasse a do homem de Neandertal. Cada um desses pedaços de DNA modificado seria então reagrupado no DNA completo do Neandertal. Esta célula então seria reprogramada para voltar ao seu estado embrionário e, em seguida, inserida no útero de um chimpanzé fêmeo. No entanto, Klein, de Stanford trazendo algumas preocupações válidas quando ele perguntou, *"Você vai colocá-los em Harvard ou em um jardim zoológico?" "Toda essa conversa de ressuscitar outra espécie extinta há tempos, como o Homem de Neandertal , sem dúvida, pode suscitar preocupações éticas",* adverte Dawkins. Será que os Neandertais têm direitos? O que acontece se ele ou ela quiser acasalar? Quem é responsável se ele ou ela se machucar ou machucar alguém? Portanto, se o Homem de Neandertal pode ser trazido de volta à vida, os cientistas podem, eventualmente, criar um zoológico de animais há muito tempo extintos, como o mamute?

Trazer de volta o mamute?

A ideia não é tão maluca quanto parece. Já, os cientistas foram capazes de sequenciar a maior parte do genoma do mamute siberiano extinto. Anteriormente, apenas pequenos fragmentos de DNA foram extraídos de mamutes, que foram congelados em dezenas de milhares de anos atrás na Sibéria. Webb Miller e Stephan C. Schuster, da Pennsylvania State University fez o impossível: eles extraíram 3 bilhões de pares de bases de DNA das carcaças congeladas dos mamutes. Anteriormente, o recorde de sequenciar o DNA de uma espécie extinta foi de apenas 13 milhões de pares de base, menos de 1 por cento dos animais no genoma. (Esta descoberta foi possível graças a uma máquina de sequenciamento nova, chamado dispositivo de sequenciamento de alto rendimento, que permite digitalizar milhares de genes ao mesmo tempo, em vez de individualmente.) Outro truque é saber para onde olhar para o DNA antigo. Miller e Schuster descobriram que o cabelo folículo do mamute, e o não o corpo em si, continha o melhor DNA. A ideia de ressuscitar um animal extinto agora pode ser biologicamente possível. *"Um ano atrás, eu teria dito que isso era ficção científica*", disse Schuster. Mas agora, com muito do genoma do mamute sequenciado, isso já não é fora de questão. Ele ainda esboçou como isso poderia ser feito. Ele estima que talvez apenas 400.000 alterações no DNA de um elefante asiático pode criar um animal que tenha todas as características essenciais de um mamute peludo. E poderá ser possível alterar geneticamente o DNA de elefante para acomodar essas mudanças, e inserir isso no núcleo de um óvulo de elefante, e depois implantar no óvulo de uma elefanta fêmeo. Já, a equipe está olhando para a sequencia de DNA de outro animal ainda não extinto, o tilacino, um marsupial da Austrália, intimamente relacionado com o Demônio da Tasmânia, que foi extinto em 1936. Há também alguns que falam de sequenciamento do pássaro Dodô. *"Morto como um pássaro"* é uma expressão comum, mas poderá se tornar obsoleta, se os cientistas puderem extrair DNA utilizável a partir dos tecidos moles e ossos de carcaças dos dodôs que existem em Oxford e em outros lugares.

Parque dos Dinossauros?

Isto naturalmente leva à pergunta inicial: será que podemos ressuscitar os dinossauros? Em uma palavra, talvez não. O Jurassic Park depende de ser capaz de recuperar o DNA intacto de uma forma de vida que morreu a mais de 65 milhões de anos atrás, e isso pode ser impossível. Apesar dos tecidos moles serem encontrados dentro da coxa de ossos de fósseis de dinossauros, até agora nenhum DNA foi extraído dessa forma, só proteínas. Embora estas proteínas tenham quimicamente comprovadas o

encerramento em relação entre o *Tiranossaurus Rex* um sapo ou uma galinha, isso está muito longe de ser capaz de recuperar o genoma de um dinossauro. Dawkins tem a possibilidade, no entanto, de ser capaz de geneticamente comparar o genoma de diversas espécies de aves com os répteis e, em seguida, matematicamente reconstruir a sequencia de DNA de um "dinossauro generalizado." Ele observa que é possível induzir o bico da galinha para crescer germes dentários (e induzir as cobras para que cresçam as pernas). Assim, as características antigas, que há muito desapareceram nas areias do tempo, poderá ser prolongada dentro dos genomas. Isso ocorre porque os biólogos realizam agora que os genes podem ser ligados e, portanto, também pode ser desligados. Isto significa que os genes com as antigas características ainda podem existir, mas simplesmente ficar ainda dormentes. Ao ativar esses genes há muito tempo adormecido, talvez seja possível trazer de volta estes traços antigos. Por exemplo, no passado antigo, os pés de uma galinha já teve uma trama. O gene para o cinto não desapareceu, mas foi simplesmente desligado. Ao girar este gene de volta, pode-se, em princípio, criar galinha com pés palmados. Da mesma forma, os humanos já foram cobertos de pelos. No entanto, nós perdemos nossos pelos quando nós começamos a suar, o que é uma maneira muito eficiente para regular a temperatura do corpo. (Cães não têm glândulas sudoríparas, e eles parecem tão legais por fora ficando ofegantes.) O gene para o pelo humano, aparentemente, ainda existe, mas foi desativado. Assim, girando sobre este gene, seria possível ter pessoas com pelos por todo o corpo. (Alguns têm especulado que isto pode ser responsável pela lenda de lobisomem.) Se admitirmos que alguns dos genes dos dinossauros estiverem de fato desligados durante milhões de anos, mas ainda sobrevivem no genoma das aves, então pode ser possível reativar esses genes há muito adormecidos e induzir características de dinossauros em pássaros. Assim, a proposta de Dawkins é especulativa, mas não está fora de questão.

Criando novas formas de vida

Isso levanta a questão final: Será que podemos criar a vida de acordo com nossos desejos? É possível criar não apenas os animais há muito tempo extintos, mas também animais que tenham existido antes? Por exemplo, poderíamos fazer um porco com asas ou um animal descrito na mitologia antiga? Mesmo no final deste século, a ciência não será capaz de criar animais neste sentido. Entretanto, a ciência vai seguir um longo caminho a ser capaz de modificar o reino animal. Até agora, o fator limitante tem sido a nossa capacidade de se movimentar em torno de genes. Apenas um único gene pode ser modificado de forma confiável. Por exemplo, é possível encontrar um gene que faz com que certos animais que brilham no escuro. Este gene pode ser isolado, em seguida, colocados em outros animais para que eles brilhem no escuro. Na verdade,

a investigação está atualmente em curso em que animais de estimação da família poderão ser modificados pela adição de genes individuais. Mas criar um animal completamente novo, como uma quimera da mitologia grega (que é a combinação de três animais diferentes), requer a transposição de milhares de genes. Para criar um porco com asas, você teria que movimentar centenas de genes que representam a asa e certifique-se de todos os músculos e vasos sanguíneos para que eles se igualem corretamente. Isto é muito além do que pode ser feito hoje. No entanto, avanços têm sido feitos que possam facilitar essa possibilidade futurista. Os biólogos ficaram espantados ao descobrir que os genes que descrevem o layout do corpo (da cabeça aos pés) foram espelhados na ordem em que aparecem nos cromossomos. Estes são chamados os genes Hox, e eles descrevem como o corpo é construído. A Natureza, aparentemente, tomou um atalho, espelhando a ordem dos órgãos do corpo com a sequencia se encontrava nos cromossomos. Este, por sua vez, acelerou fortemente o processo pelo qual a história evolutiva desses genes pode ser decifrada. Além disso, existem genes mestres que aparentemente governam as propriedades de muitos outros genes. Ao manipular um punhado desses genes mestres, você pode manipular as propriedades de dezenas de outros genes. Em retrospectiva, vemos que a Mãe Natureza decidiu criar o layout do corpo da mesma forma que muitos arquitetos podem criar projetos. A disposição geométrica do plano é na mesma ordem como a disposição física dos edifícios. Além disso, os projetos são modulares, de modo que os blocos de sub-bases estão contidos em um plano mestre único. Além de criar inteiramente novos animais híbridos, explorando a modularidade do genoma, há também a possibilidade de aplicar a genética para humanos, utilizando a biotecnologia para trazer de volta figuras históricas. Lanza acredita que, enquanto uma célula intacta pode ser extraída de uma pessoa morta há muito tempo, isso vai ser possível trazer essa pessoa de volta à vida. Na Abadia de Westminster, temos os cuidadosamente preservados corpos dos reis mortos há muito tempo e rainhas, bem como poetas, religiosos, políticos e até mesmo cientistas como Isaac Newton. Um dia, Lanza confidenciou-me, talvez seja possível encontrar o DNA intacto dentro de seus corpos e trazê-los de volta à vida.

No filme *Os Meninos do Brasil*, a trama gira em torno de trazer Hitler de volta á vida. Não se deve acreditar, no entanto, que alguém será capaz de trazer ele de volta ou algum gênio ou uma dessas figuras notórias históricas. Como um biólogo se referiu, se você trouxer Hitler de volta, talvez tudo que você vai conseguir é um artista de segunda categoria (que era o que Hitler foi antes dele liderar o movimento nazista).

Proibir todas as doenças?

O profético filme *Things to Come* foi baseado em um romance de H.G. Wells e previu o futuro da civilização, onde a Segunda Guerra Mundial desencadeariam um

ciclo do sofrimento e de miséria sem fim. Eventualmente, todas as conquistas da raça humana são reduzidas a escombros, com as gangues dos senhores da guerra dominavam e esmagavam as pessoas pobres. Mas no final do filme, uns grupos de cientistas visionários, armados com superarmas poderosas, começam a restaurar a ordem. A civilização finalmente sobe novamente das cinzas. Em uma cena, uma criança é ensinada a história brutal do século XX, e aprende sobre algo chamado resfriado. O que é o resfriado, ela pergunta? Eles disseram que os resfriados eram algo que estava curado há muito tempo. Ou talvez não. A Cura de todas as doenças tem sido um dos nossos objetivos mais antigos. Mas mesmo em 2100, os cientistas não serão capazes de curar todas as doenças, desde doenças de mutação mais rápida do que podemos curá-las, e há muitos delas. Às vezes esquecemos que vivemos em um oceano de bactérias e vírus, que existiram bilhões de anos antes dos seres humanos caminharem sobre a superfície da Terra, e existirão milhares de milhões de anos após o Homo sapiens ter desaparecido completamente da face da Terra. Muitas doenças originalmente vieram de animais. Este é um dos preços que pagamos para a domesticação dos animais, que começou a aproximadamente 10.000 anos atrás. Portanto, existe um vasto reservatório de doenças em animais que rondam provavelmente vão continuar na raça humana. Normalmente, estas doenças infecciosas apenas pegam num punhado de indivíduos. Mas com o surgimento das grandes cidades, estas doenças transmissíveis poderiam se espalhar rapidamente entre a população humana, atingindo uma massa crítica e criando pandemias. Por exemplo, quando os cientistas analisaram a sequencia genética do vírus da gripe, eles ficaram surpresos ao descobrir sua origem: as aves. Muitas aves podem carregar as variações do vírus da gripe, sem quaisquer efeitos. Mas então os porcos, por vezes, agem como tigelas genéticas, depois de comerem excrementos de pássaros. E então os agricultores muitas vezes vivem perto de ambos. Alguns especulam que esta é a razão do vírus da gripe, muitas vezes vem da Ásia, porque os agricultores não se envolver na lavoura, ou seja, vivendo em proximidade, perto de dos patos e porcos. A recente epidemia de gripe H1N1 é apenas a mais recente onda de gripe aviária e as mutações da gripe do porco. Um problema é que os seres humanos estão em constante expansão em novos ambientes, cortar as florestas, a construção de bairros e fábricas, e no processo encontrando doenças antigas rondam entre os animais. Como a população humana continua a crescer, isso significa que nós esperamos encontrar mais surpresas que saem da floresta. Por exemplo, há consideráveis evidências genéticas de que o HIV começou como vírus da imunodeficiência símia (SIV), que originalmente infectou os macacos, mas em seguida, pulou para os humanos. Da mesma forma, as pessoas afetadas por hantavírus na região sudoeste como invadiu o território de roedores das pradarias. A doença de Lyme, que se espalha principalmente por carrapatos, invadiu a periferia do Nordeste, porque as pessoas agora constroem casas perto das florestas onde vivem os carrapatos. O vírus Ebola provavelmente afetou tribos de seres humanos de volta na Antiguidade, mas foi só com a vinda de viagens em jatos que se espalhou

para uma população maior e fizeram as manchetes. Mesmo a doença dos legionários é provavelmente uma das mais antigas que teve a sua origem em águas estagnadas, mas foi à proliferação de aparelhos de ar condicionado que a propagação desta doença para as pessoas idosas em navios de cruzeiro. Isso significa que haverá muitas surpresas por vir, com novas ondas de doenças exóticas dominarão as manchetes do futuro. Infelizmente, a cura para estas doenças podem ser tardias. Por exemplo, até mesmo o resfriado comum atualmente não tem cura. A multiplicidade de produtos encontrados em qualquer farmácia, pois trata apenas os sintomas, ao invés de matar o próprio vírus. O problema é que há provavelmente mais de 300 variações do rinovírus, que provoca o resfriado comum, e é simplesmente demasiado caro para criar uma vacina para todos os 300. A situação para o HIV é muito pior, já que pode haver milhares de diferentes linhagens. De fato, o HIV sofre mutações muito rapidamente que, mesmo se você puder desenvolver uma vacina para uma variedade, o vírus sofrerá mutações rapidamente. A concepção de uma vacina para o HIV é como tentar acertar um alvo em movimento. Então, enquanto nós vamos curar muitas doenças no futuro, provavelmente teremos sempre alguma doença que pode fugir da nossa mais avançada ciência.

Admirável mundo novo

Em 2100, quando teremos o controle sobre nosso destino genético, temos que comparar o nosso destino com a distopia estabelecida por Aldous Huxley em seu profético romance Admirável Mundo Novo, que se passa no ano de 2540. O livro causou choque e consternação universal, quando foi publicado pela primeira vez em 1932. No entanto, mais de 75 anos depois, muitas de suas previsões já aconteceram. Ele escandalizou a sociedade britânica, quando ele escreveu sobre o teste dos bebês de proveta, quando recreação e procriação seriam separadas, e quando as drogas se tornarem comuns, mas hoje vivemos em um mundo onde in vitro e as pílulas de controle de fertilização e o nascimento é um dado adquirido. (A única grande previsão que ele fez e ainda não se concretizou é a clonagem humana.) Ele imaginou um mundo hierarquizado, onde os médicos deliberadamente clonariam embriões de pessoas com sem danos cerebrais, que cresceriam para se tornarem os agentes da elite dominante. Dependendo do nível de danos ambientais, eles poderiam ser classificados nos Alfas, que são os perfeitos e destinados à regra, até os Ypsilons, que são pouco mais do que escravos mentalmente retardados. Portanto, a tecnologia, em vez de libertar a humanidade da pobreza, a ignorância e a doença, tornou-se um pesadelo, impondo uma estabilidade artificial e corrupta à custa de escravizar uma população inteira.

Embora o romance fosse preciso, em muitos aspectos, Huxley não antecipou a engenharia genética. Se soubesse sobre essa tecnologia, então ele poderia ter se preocupado com outro problema: Será que a espécie humana dividida em fragmentos,

com os parentes inconstantes e governos desonestos mexessem com os genes de nossos filhos? Os pais já vestem seus filhos com roupas extravagantes e os fariam competir em concursos de bobo, então por que não mudar os genes para atender os caprichos dos pais? Na verdade, os pais são, provavelmente, pela evolução para dar a todos os benefícios aos seus descendentes, por que não mexer com seus genes também? Como um exemplo elementar do que pode dar errado, considere o cronograma humilde. Embora os médicos inocentemente introduzissem o ultrassom para ajudar com as gestações, o que levou a uma epidemia maciça de abortos de fetos do sexo feminino, especialmente nas paisagens da China e da Índia. Um estudo em Bombaim constatou que 7.997 dos 8.000 fetos abortados eram do sexo feminino. Na Coréia do Sul 65 por cento de todas as crianças com 3 anos nasceram do sexo masculino. A geração de crianças cujos pais escolheram esse aborto baseada no gênero que em breve estarão em idade de casar, milhões não vão encontrar mulheres facilmente. Este por sua vez, poderia causar uma perturbação social enorme. Os camponeses que queriam apenas os meninos para continuar o seu nome vão achar que eles não terão mais netos. E nos Estados Unidos, há desenfreado abuso do hormônio de crescimento humano (HGH), que é frequentemente apresentado como uma cura para o envelhecimento. Originalmente, HGH foi destinado a corrigir deficiências hormonais em crianças que eram muito pequenas. Em vez disso, o HGH tem crescido em uma grande indústria de metro com base em dados questionáveis sobre o envelhecimento. Com efeito, a Internet criou uma enorme população de cobaias humanas para as terapias ilusórias. Assim, dada à oportunidade, as pessoas muitas vezes fazem mau uso da tecnologia e criam uma enorme quantidade de maldade. O que acontece se elas se apossassem da engenharia genética? Em um cenário mais pessimista, poderíamos ter o pesadelo imaginado por HG Wells em seu romance clássico de ficção científica *A Máquina do Tempo*, quando a raça humana, no ano 8.02701 D.C., divide-se em duas raças distintas. Ele escreveu: *"Aos poucos, a verdade eu percebi: que o homem não tem permanecido numa mesma espécie, mas se dividiu em dois animais distintos: que meus filhos graciosos do Mundo Superior não seriam os únicos descendentes de nossa geração, mas que estes foram alvejados, que a coisa, obscena e soturna, que passou diante de mim, seria também herdeira de todas as eras".* Para ver quais variações da raça humana são possíveis, basta olhar para o cão doméstico. Apesar de existirem milhares de raças de cães, todos originalmente descendem do Canis lupus, o lobo cinza, que foi domesticado aproximadamente 10.000 anos atrás, no final da última Idade do Gelo. Por causa da seletiva reprodução de seus mestres humanos, os cães de hoje vêm em uma variedade desconcertante de tamanhos e formas. As formas do corpo, cor, temperamento, habilidades todos eles foram radicalmente alterados pela reprodução seletiva. Como os cães envelhecem sete vezes mais rápido do que os seres humanos podem estimar que cerca de mil gerações de cães que já existiam desde que se separaram dos lobos. Se aplicarmos isso nos seres humanos, produzindo, em seguida, sistemática dos seres

humanos pode dividir a raça humana em milhares de raças em apenas 70.000 anos, embora eles sejam da mesma espécie. Com a engenharia genética, este processo poderia concebivelmente ser muito acelerado, a uma única geração. Felizmente, existem razões para acreditar que a especiação do gênero humano não irá acontecer, pelo menos não no próximo século. Na evolução, uma única espécie geralmente se divide se separa geograficamente em duas populações nidificantes em separado. Isso aconteceu, por exemplo, na Austrália, onde a separação física de muitas espécies de animais levou à evolução dos animais encontrados em nenhum outro lugar na Terra, como os marsupiais, como o canguru. As populações humanas, pelo contrário, são altamente móveis, sem gargalos evolutivos, e são altamente misturadas. Como Gregory Stock, da UCLA, disse: *"A evolução darwiniana tradicional produz hoje quase nenhuma mudança em humanos e tem pouca chance de fazê-lo em um futuro previsível. A população humana é muito grande e complicada, e as pressões seletivas são muito localizadas e transitórias".* Há também restrições provenientes do Princípio do Homem da Caverna.

Como mencionado anteriormente, as pessoas muitas vezes rejeitam os avanços da tecnologia (por exemplo, o escritório sem papel), quando ela contradiz a natureza humana, que permaneceu relativamente constante ao longo dos últimos 100 mil anos. As pessoas podem não querer criar filhos desenhados que se desviam da norma e são considerados loucos por seus pares. Isso diminui as chances de sucesso na sociedade. Vestir as crianças em uma roupa é uma coisa boba, mas permanentemente mudar a sua hereditariedade é uma coisa totalmente diferente. (Em um mercado livre, provavelmente haverá um lugar para genes estranhos, mas será pequeno, já que o mercado será impulsionado pela demanda do consumidor.) Mais do que provavelmente, até o final do século, um casal será presenteado com uma biblioteca de genes para escolher, a maioria para eliminar as doenças genéticas, mas também alguns de melhoramentos genéticos. No entanto, haverá uma pressão pequena do mercado para financiar o estudo de genes bizarros porque a demanda para eles será muito pequena.
O verdadeiro perigo não virá tanto da demanda do consumidor, mas de governos ditatoriais, que podem querer usar a engenharia genética para os seus próprios fins, como a criação soldados obedientes, mais fortes, e tudo o mais.

Outro problema surge em um futuro distante, quando teremos colônias espaciais em outros planetas cuja gravidade e as condições climáticas são muito diferentes da terra. Nesse ponto, talvez no próximo século, torna-se realista pensar de engenharia de uma nova raça de seres humanos que podem se ajustar a diferentes campos de gravidade e das condições atmosféricas. Por exemplo, uma nova raça de seres humanos poderão ser capazes de consumir diferentes quantidades de oxigênio, se ajustar a uma diferente duração do dia, e ter diferentes metabolismos e pesos. Mas a viagem espacial será cara por um longo tempo. Até o final do século, podemos ter um pequeno posto avançado em Marte, mas uma fração esmagadora da raça humana continua a estar sobre

a terra. Por décadas para chegar, a viagem espacial será coisa apenas para os astronautas, os ricos, e talvez um punhado de colonos espaciais resistentes (modificados geneticamente). Assim, a divisão da raça humana em diferentes espécies ao redor do sistema solar e além não vão acontecer neste século, talvez só no próximo. Para o futuro próximo, a menos que haja avanços dramáticos na tecnologia espacial, estamos muito presos á Terra. Por último, há ainda outra ameaça que enfrentamos antes de chegarmos a 2100: de que esta tecnologia pode ser deliberadamente se voltar contra nós, sob a forma de um projeto para uma guerra bacteriológica.

Guerra bacteriológica

A guerra bacteriológica é tão antiga quanto a Bíblia. Os antigos guerreiros arremessavam corpos doentes sobre as muralhas das cidades inimigas ou envenenar os poços com os corpos de animais doentes. Deliberadamente dando roupas infectadas com varíola para o adversário esta era outra maneira de destruí-los. Mas com tecnologia moderna, os germes podem ser geneticamente criados para exterminar milhões de pessoas. Em 1972, os Estados Unidos e a antiga União Soviética assinaram um tratado histórico que proíbe o uso da guerra bacteriológica para fins ofensivos. No entanto, a tecnologia de bioengenharia está tão avançada hoje que o tratado não tem sentido. Primeiro não existe tal coisa como a tecnologia ofensiva ou defensiva quando se trata de pesquisa de DNA. A manipulação dos genes pode ser usada tanto para qualquer efeito. Em segundo lugar, com a engenharia genética, é possível criar germes como arma, aqueles que foram deliberadamente modificadas para aumentar sua letalidade ou sua capacidade de se espalhar pelo ambiente. Acreditava-se que apenas os Estados Unidos e a Rússia possuía a últimos frascos contendo a varíola, a maior assassina da história da raça humana. Em 1992, um desertor soviético alegou que os russos tinham uma arma contra a varíola e foram realmente produzidas até vinte toneladas do produto. Com a dissolução da União Soviética, há o medo de que um dia um grupo terrorista possa pagar para ter acesso à arma que é a varíola. Em 2005, os biólogos com sucesso ressuscitaram o vírus da gripe espanhola de 1918, que matou mais pessoas do que a Primeira Guerra Mundial. Curiosamente, eles foram capazes de ressuscitar o vírus através da análise de uma mulher que morreu e foi enterrada no permafrost* (subsolo permanentemente congelado) do Alasca, bem como amostras de soldados dos EUA durante a epidemia. Os cientistas então passaram a publicar todo o genoma do vírus na web, tornando-se conhecido no mundo inteiro. Muitos cientistas se sentiram incomodados sobre isso, pois um dia ainda um estudante universitário com acesso a um laboratório universitário pode ser capaz de ressuscitar um dos maiores assassinos da história da raça humana. No curto prazo, a publicação do genoma do vírus da gripe espanhola foi uma pechincha para os cientistas, que então poderia examinar os genes para resolver uma antiga enigma: Como é que uma pequena mutação causar danos generalizados para a população humana? A resposta foi logo encontrada. O vírus da gripe espanhola, ao contrário de outros variantes, faz o sistema imunológico do organismo a reagir de forma exagerada, liberando grandes quantidades de líquidos que, eventualmente, mata o paciente. A pessoa literalmente afoga em seus próprios fluidos. Uma vez que este foi entendido, os genes que causam o efeito mortal que podem ser comparados aos genes da gripe H1N1 e outros vírus. Felizmente, nenhum deles possuía o gene letal. Além disso, pode-se realmente calcular o quão perto um vírus fosse alarmante para a concretização desta capacidade, e da gripe H1N1 ainda estava

longe de alcançar essa capacidade. Mas, em longo prazo, há um preço a pagar. A cada ano, fica mais fácil e mais fácil de manipular os genes dos organismos vivos. Os custos se mantem despencando, e as informações são amplamente disponíveis na Internet. Dentro de algumas décadas, alguns cientistas acreditam que será possível criar uma máquina que lhe permitirá criar qualquer gene simplesmente digitando os componentes desejados. Ao digitar no A-T-C-G símbolos que compõem um gene, a máquina então automaticamente junta os dados de DNA para criar esse gene. Sendo assim, então isso significa que os universitários talvez possam um dia fazer manipulações avançadas de formas de vida. Um cenário de pesadelo é a AIDS no ar. O vírus do resfriado, por exemplo, possuem alguns genes que lhes permitem sobreviver em gotículas de aerossóis, para que o espirro possa infectar outras pessoas. Atualmente, o vírus da AIDS é muito vulnerável quando é exposto ao ambiente. Mas se os genes de vírus do resfriado são implantados para dentro do vírus da AIDS, então é concebível que eles possam torná-lo capaz de sobreviver fora do corpo humano. Isso poderia fazer com que o vírus da AIDS se espalhasse como o resfriado comum, infectando assim uma grande parte da raça humana. Sabe-se também que os vírus e as bactérias os genes de câmbio, assim também há a possibilidade de que a AIDS e os vírus do resfriado comum possam trocar genes, naturalmente, embora isso seja menos provável. No futuro, um grupo terrorista ou Estado-nação pode ser capaz de se armar do vírus da AIDS. A única coisa impedindo-os de desencadeá-lo seria o fato de que eles, também, pereceriam se o vírus fosse disperso no ambiente. Essa ameaça tornou-se diretamente real após a tragédia de 9/11. Uma pessoa desconhecida enviou pacotes de um pó branco contendo esporos de antraz a políticos bem conhecidos de todo o país. Uma análise cuidadosa e microscópica do pó branco mostrou que os esporos de antraz foram usados como arma para o máximo de mortes e destruição. De repente, o país inteiro foi tomado pelo medo de que um grupo terrorista tivesse acesso a avançadas armas biológicas. Embora o antraz fosse encontrado no solo e em todo nosso meio ambiente, só uma pessoa com formação avançada e de intenções maníacas poderia ter purificado e se armado com o antraz e conseguir essa proeza. Mesmo depois de uma das maiores caçadas humanas da história dos EUA, o culpado nunca foi encontrado, até hoje (apesar de um dos principais suspeitos recentemente cometer suicídio). O ponto aqui é que mesmo um único indivíduo com alguma formação avançada biológica pode aterrorizar uma nação inteira. Um fator de restrição que tem mantido a guerra bacteriológica na verificação é simples interesse pessoal. Durante a I Guerra Mundial, a eficácia de gás venenoso no campo de batalha foi mista. As condições de vento eram muitas vezes imprevisíveis, então o gás pode explodir de volta para suas próprias tropas. O seu valor militar foi largamente usado para aterrorizar o inimigo, ao invés de derrotá-lo. Nem uma única batalha decisiva foi vencida com gás venenoso. E mesmo no auge da Guerra Fria, ambos os lados sabiam que gases venenosos e armas biológicas poderiam ter efeitos imprevisíveis no campo de batalha, e poderia facilmente escalar para um confronto

nuclear. Todos os argumentos mencionados neste capítulo, como vimos, envolveu a manipulação de genes, proteínas e moléculas. Então a próxima pergunta naturalmente surge: até onde podemos manipular átomos individuais? *"Os princípios da física, é tão somente eu poder ver, e não somente falar contra, a possibilidade de manipular as coisas átomo por átomo"*. Richard Feynman, ganhador do Prêmio Nobel.

"A nanotecnologia nos tem dado as ferramentas para brincar com a caixa de brinquedos final da natureza que são os átomos e as moléculas. Todas as coisas são feitas com elas e as possibilidades de criar coisas novas parecem ilimitadas". - Horst Stormer, ganhador do Prêmio Nobel.

O papel do infinitamente pequeno é infinitamente grande. - Louis Pasteur.

Capítulo 4

Nanotecnologia: Todas as coisas vindas do nada?

O domínio das ferramentas é um coroamento que distingue a humanidade dos animais. Segundo a mitologia grega e romana, este processo começou quando Prometeu, tendo pena do sofrimento dos seres humanos, roubou o precioso dom do fogo da fornalha de Vulcano. Mas este ato de roubo enfureceu os deuses.

Para punir a humanidade, Zeus criou um truque esperto. Ele pediu a Vulcano para forjar uma caixa e fazer a mulher mais bonita de metal. Vulcan criou esta estátua, e a chamou de Pandora, e depois magicamente á trouxe à vida, e disse-lhe para nunca abrir a caixa. Por curiosidade, um dia ela o fez, e desencadeou todos os ventos do caos, miséria e sofrimento no mundo, deixando apenas a esperança na caixa.

Assim, a partir da fornalha de Vulcano divina surgiram tanto os sonhos e os sofrimentos da raça humana. Hoje, estamos projetando novas máquinas revolucionárias que são as ferramentas mais avançadas, forjadas a partir de átomos individuais. Mas eles vão desencadear o fogo da iluminação e do conhecimento ou os ventos do caos?

Ao longo da história humana, o domínio das ferramentas tem determinado o nosso destino. Quando o arco e a flecha foram aperfeiçoados milhares de anos atrás, isso significava que poderíamos disparar projéteis muito mais longe do que as nossas mãos poderiam jogá-los, aumentando a eficiência da nossa caça e aumentar a nossa oferta de alimentos. Quando a metalurgia foi inventada por volta de 7.000 anos atrás, isso significava que poderíamos substituir barracos de barro e palha e, eventualmente, criar grandes edifícios, que subiriam acima da terra. Logo, os impérios começaram a subir a partir da floresta e do deserto, construídos pelas ferramentas forjadas a partir dos metais. E agora estamos à beira de dominar outro tipo de ferramenta, muito mais poderosa do que qualquer coisa que tenhamos visto antes. Desta vez, vamos ser capazes de dominar os próprios átomos dos quais tudo é criado. Dentro deste século, que pode possuir a ferramenta mais importante jamais imaginada a nanotecnologia, que permite manipular individualmente os átomos. Isso poderia começar uma segunda revolução industrial, como a fabricação molecular criar novos materiais que hoje só podemos sonhar que são super fortes, que tem a super-luz, com incríveis propriedades elétricas e magnéticas.

O prêmio Nobel Richard Smalley disse: *"O maior sonho da nanotecnologia é ser capaz de construir com o átomo como se ele fosse um bloco de construção"*. Philip Kuekes da Hewlett-Packard disse: *"Eventualmente, o objetivo não é apenas*

tornar os computadores do tamanho de partículas de poeira. A ideia seria fazer computadores simples do tamanho de bactérias. Então você pode obter algo tão poderoso como o que está agora no seu desktop em uma partícula de poeira".

Isso não é apenas a esperança de sonhadores visionários. O governo dos EUA a leva a sério. Em 2009, devido à nanotecnologia é imenso o potencial em aplicações médicas, industriais, aeronáutica e comercial, a National Nanotechnology Initiative destinou US $ 1,5 bilhão para pesquisa. O Relatório do Governo do EUA do National Science Foundation de Nanotecnologia diz, *"a nanotecnologia tem o potencial para melhorar o desempenho humano, para levar o seu desenvolvimento sustentável de materiais, água, energia e alimentos, para proteger contra as bactérias e vírus desconhecidos... ".* Em última análise, a economia mundial e o destino das nações podem depender disso. Cerca de 2020 ou logo depois, a lei de Moore vai começar a fraquejar e, talvez, eventualmente entrar em colapso. A economia mundial poderia ser lançada na confusão a menos que os físicos pudessem encontrar um substituto adequado para os transistores de silício para a nossos suprimentos computacionais. A solução para o problema pode vir da nanotecnologia. Nanotecnologia pode também, talvez até o final deste século, criar uma máquina que só os deuses puderam exercer uma máquina que pode criar alguma coisa quase do nada.

O mundo quântico

O primeiro a chamar a atenção para este novo campo da física foi laureado com o Nobel foi Richard Feynman, que fez uma pergunta aparentemente simples: como você pode fazer uma pequena máquina? Esta não era uma questão acadêmica. Os computadores foram se tornando gradativamente menores, mudando a cara da indústria, por isso foi se tornando evidente que a resposta a esta questão poderia ter um enorme impacto na sociedade e na economia.

Em sua fala profética dada em 1959 á Sociedade Americana de Física intitulada *"Há muito espaço lá no fundo, "* Feynman disse: *"É interessante que seria, em princípio, possível (eu acho) para um físico, sintetizar qualquer substância química que o químico escrever". Dá as ordens e o físico as sintetiza. Como? Coloque os átomos debaixo, onde diz o químico, e aí você cria a substância. "* "Feynman concluiu que as máquinas feitas a partir de átomos individuais eram possíveis, mas que as novas leis da física a tornariam difíceis, mas não impossíveis, de criar".

Então, em última análise, a economia mundial e o destino das nações poderão depender dos princípios bizarros e contraditórios da teoria quântica. Normalmente, nós achamos que as leis da física permanecem as mesmas, se você descer pelas escalas menores. Mas isso não é verdade. Em filmes como o da Disney *"Querida, Encolhi as*

Crianças e *O Incrível Homem Que Encolheu*, ficamos com a impressão errada de que as pessoas em miniatura iriam experimentar as leis da física da mesma maneira que fazemos. Para exemplo, em uma cena do filme da Disney, os nossos heróis encolhidos passeiam em uma formiga durante uma tempestade. Pingos de chuva caem no chão e fazem pequenas poças, assim como em nosso mundo. Mas, na realidade, pingos de chuva podem ser maiores do que formigas. Assim, quando uma formiga encontra uma poça de chuva, que iria ver um continente enorme de água. O hemisfério de água não cai porque a tensão superficial age como um líquido que mantém as gotas juntas. Em nosso mundo, a tensão superficial da água é muito pequena, por isso não prestamos atenção nela. Mas, na escala de uma formiga, a tensão superficial é proporcionalmente grande, assim que a chuva contas acima em gotas. Além disso, se você tentar incrementar a formiga para que ela fosse do tamanho de uma casa, você teria outro problema: suas pernas iriam quebrar quando você aumentasse o tamanho da formiga, o seu peso cresceria muito mais rápido do que a força de suas pernas. Se você aumentar o tamanho de uma formiga por um fator de 10, o seu volume e, consequentemente, seu peso é 10 × 10 × 10 = 1000 vezes mais pesado. Mas sua força está relacionada com a espessura de seus músculos, que fica a apenas 10 × 10 = 100 vezes mais forte. Assim, a formiga gigante é 10 vezes mais fraca, relativamente falando, do que uma formiga comum. Isto também significa que King Kong, em vez de aterrorizar Nova York, cairia se ele tentasse escalar o Empire State Building.)

Feynman observou que outras forças também dominam na escala atômica, tais como ligações de hidrogênio e da força van der Waals, causada pelas minúsculas forças elétricas que existem entre os átomos e moléculas. Muitas das propriedades físicas das substâncias são determinadas por essas forças. (Para visualizar isso, consideramos o problema simples de que o Nordeste tem tantos buracos em suas rodovias. Todo inverno, a água escoa em pequenas rachaduras no o asfalto, a água se expande quando congela, fazendo com que o asfalto a se desintegre- e arrancando um caldeirão. Mas ela viola o senso comum a pensar que a água expande quando se congela. A água se expande por causa da ligação de hidrogênio. A molécula de água tem a forma de um V, com o átomo de oxigênio na base. A molécula de água tem uma carga ligeiramente negativa na parte inferior e uma carga positiva no topo. Assim, quando você congelar a água as pilhas de moléculas de água, que se expandem, formando uma rede regular de gelo com vários espaços entre as moléculas. As moléculas de água estão dispostas como hexágonos. Assim a água se expande quando se congela uma vez que há mais espaço entre os átomos de um hexágono. Esta é também a razão flocos de neve terem seis lados, e explica o porquê do gelo flutuar na água, quando, certamente deveria afundar).

Atravessando paredes

Além da tensão superficial, as ligações de hidrogênio e forças de van der Vaalis, há também efeitos quânticos bizarros na escala atômica. Normalmente, nós não vemos as forças do *quantum* funcionando na vida cotidiana. Mas as forças quânticas estão por toda parte. Por exemplo, certamente, uma vez que os átomos são praticamente vazios, devemos ser capazes de atravessar paredes. Entre o núcleo no centro do átomo e os elétrons, existe apenas um vácuo. Se o átomo fosse do tamanho de um estádio de futebol, o estádio estaria vazio, já que o núcleo seria aproximadamente do tamanho de um grão de areia. (Por vezes, surpreendemos os nossos alunos com uma simples demonstração. Tomamos um contador Geiger, o colocamos na frente de um estudante, e colocamos um inofensivo sedimento radioativo em volta. O aluno fica surpreso que algumas partículas passam através de seu corpo e acionam o contador Geiger, como se ele estivesse completamente vazio, e ele está.) Mas se estamos praticamente vazios, então por que não podemos atravessar paredes? No filme *Ghost*, o personagem de Patrick Swayze é morto por um rival e se transforma em um fantasma. Ele está frustrado toda vez que ele tenta tocar sua ex-noiva, interpretada por Demi Moore. Suas mãos passam através da matéria comum, ele acha que ele não tem nenhuma substância material e simplesmente flutuam através de objetos sólidos. Em uma cena, ele enfia a cabeça em um vagão do metrô em movimento. As corridas do trem passam perto da cabeça e quase o degola, mas ele não sente nada. (O filme não explica porque a gravidade não o puxa pelo chão assim que cai no centro da terra. Fantasmas, aparentemente, podem passar por qualquer coisa, exceto pisos). Então, por que não podemos atravessar objetos sólidos como os fantasmas? A resposta reside em um curioso fenômeno quântico. O princípio de exclusão de Pauli afirma que dois elétrons não podem coexistir no mesmo estado quântico. Assim, quando dois elétrons quase idênticos chegam muito perto um do outro, eles se repelem. Este é o objeto da razão o que parece ser sólido, que é uma ilusão. A realidade é que a matéria é essencialmente vazia. Quando nos sentamos em uma cadeira, pensamos que estamos tocando. Na verdade, estamos pairando sobre a cadeira, flutuando a menos de um nanômetro acima dele, repelidas pelas forças elétricas e quânticas da cadeira. Isto significa que sempre algo que você "toca", não está fazendo contato direto com tudo, mas são separados por essas minúsculas forças atômicas. (Isso também significa que, se pudéssemos de alguma forma neutralizar o princípio de exclusão, então poderemos ser capazes de passar através das paredes. Contudo, ninguém sabe como fazer isso).

Não só a teoria quântica mantém os átomos que deixam de funcionar através de outro, também os une em moléculas. Imagine por um momento que um átomo é como um minúsculo sistema solar, com planetas girando em torno de um sol. Agora, se dois desses sistemas solares colidiu, em seguida, os planetas colidiriam um com o outro e

voariam em todas as direções, fazendo com que o sistema solar em colapso. Os sistemas solares nunca são estáveis quando eles colidem com outro sistema solar, por isso, certamente, os átomos devem entrar em colapso quando eles se chocam com o outro.

Na realidade, quando dois átomos de chegam muito perto, que quer saltar fora de si ou se combinam para formar uma molécula estável. Os átomos podem constituir motivo de moléculas estáveis é porque os elétrons podem ser compartilhados entre dois átomos. Normalmente, a ideia de um elétron sendo compartilhado entre dois átomos é absurda. É impossível se o elétron obedecer às leis do senso comum de Newton. Mas por causa do princípio da incerteza de Heisenberg, você não sabe exatamente onde o elétron está. Ao contrário, é espalhado entre dois átomos, que os mantêm juntos. Em outras palavras, se você desligar a teoria quântica, em seguida, suas moléculas se quebram quando esbarrar em outra e você iria se dissolver em um gás de partículas. Assim, a teoria quântica explica porque os átomos podem ligar-se a forma de matéria sólida, ao invés de se desintegrar. (Esta é também a razão porque não se podem ter mundos dentro de mundos. Algumas pessoas imaginam que o nosso sistema solar ou uma galáxia poderiam ser um átomo ou alguma outra coisa no universo gigantesco. Esta foi, de fato, a cena final no filme *Homens de Preto*, onde todo o universo conhecido era, na verdade apenas um átomo em algum jogo estrangeiro de bola. Mas, de acordo com a física, isto é impossível, uma vez que as leis da física mudam à medida que vão de escala para escala. As regras que regem os átomos são bastante diferentes das regras que regem as galáxias).

Alguns dos princípios de manipulação da mente da teoria quântica são: você não pode saber a velocidade e a localização exata de qualquer partícula sempre há incerteza. As partículas podem, em certo sentido, estar em dois lugares ao mesmo tempo todas as partículas existem como misturas de diferentes estados simultaneamente, por exemplo, partículas em parafuso podem ser misturas de partículas cujos eixos de rotação que estão tanto em cima e quanto em baixo ao mesmo tempo elas podem desaparecer e reaparecer em outro lugar. Todas essas afirmações soam ridículas. Na verdade, Einstein disse uma vez, *"o maior sucesso na teoria quântica, é que esta, parece tolice*". Ninguém sabe de onde estas leis bizarras vieram. Eles são simplesmente postulados, sem nenhuma explicação.

A teoria quântica tem apenas uma coisa a seu favor: Ela está correta. Sua precisão foi medida em uma parte em dez bilhões, tornando-se a teoria da física mais bem sucedida de todos os tempos. A razão que não vemos esses incríveis fenômenos na vida cotidiana é porque somos compostos de trilhões de trilhões de átomos, e esses efeitos, em algum sentido, fora da média.

Movimento do átomos individuais

Richard Feynman sonhava com o dia em que um físico pudesse fabricar uma molécula, de átomo por átomo. Isso parecia ser impossível, em 1959, mas parte daquele sonho é agora uma realidade. Eu tive a oportunidade de testemunhar este close-up, quando eu visitei a IBM Almaden Research Center, em San Jose, Califórnia. Eu fui para observar um notável instrumento, o microscópio de tunelamento, que permite aos cientistas ver e manipular átomos individualmente. Este dispositivo foi inventado por Gerd Binnig e Heinrich Rohrer, da IBM, para a qual ganharam o Prêmio Nobel em 1986. (Eu me lembro, quando criança, meu professor nos dizia que nunca seriamos capazes de ver átomos. Eles são muito pequenos, disse ele. Até então, eu já havia me decidido me tornar um cientista atômico. Eu percebi que eu iria passar o resto da minha vida estudando algo que eu nunca seria capaz de observar diretamente. Mas hoje, não só podemos ver os átomos, mas nós podemos jogar com eles, com uma pinça atômica.)

O microscópio de tunelamento na verdade não é um microscópio de todo. Assemelha-se com uma velha vitrola. Uma agulha fina (com uma ponta que é apenas de um único átomo de diâmetro) passa lentamente sobre o material sendo analisado. Uma pequena corrente elétrica percorre a partir da agulha, através do material, à base do instrumento. Como a agulha passa sobre o objeto, as alterações da corrente elétrica um pouco de cada vez que passa por cima de um átomo. Depois de várias passagens, a máquina imprime o contorno deslumbrante sobre o próprio átomo. Usando uma agulha idêntica, o microscópio é, então, capaz não apenas de registrar esses átomos, mas também de movê-los ao redor. Desta forma, podem-se soletrar as letras, como as iniciais da IBM, e na verdade até projetar máquinas primitivamente construídas a partir de átomos. (Outra invenção recente é o microscópio de força atômica, que pode nos dar impressionantes imagens em 3D de matrizes de átomos. O microscópio de força atômica também usa a agulha com um ponto muito pequeno, mas brilha um laser nele. Como a agulha passa sobre o material que está sendo estudada, a tremedeira da agulha, e este ·movimento é registrado pela imagem de raios laser).

Descobri que se deslocam em torno de átomos individuais e foi bastante simples. Sentei-me na frente de uma tela de computador, olhando para uma série de esferas brancas, assemelhando-se cada uma delas a uma bola de pingue-pongue cerca de um centímetro de diâmetro. Na verdade, cada bola era um átomo individual. Coloquei o cursor sobre um átomo e, em seguida, movi o cursor para outra posição. Eu empurrei um botão que, então, ativou a agulha para mover o átomo. O microscópio reescaneou a substância. A tela mudou, mostrando que a bola mudou-se para exatamente onde eu queria. Todo o processo levou apenas um minuto para mover cada átomo para qualquer posição que eu queria. De fato, em cerca de 30 minutos, achei que eu poderia

realmente soletrar algumas letras na tela, feito de átomos individuais. Em uma hora, eu poderia fazer padrões bastante complexos envolvendo átomos de dez ou mais. Eu tive que me recuperar do choque que eu tive de realmente mudar átomos individuais, algo que se pensava ser impossível.

Mems e Nanopartículas

Embora a nanotecnologia ainda esteja em sua infância, ele já gerou uma indústria em expansão comercial em revestimentos químicos. Por pulverização e finas camadas de produtos químicos de apenas algumas moléculas de espessura em um produto comercial, poderá torná-lo mais resistente à ferrugem ou alterar suas propriedades ópticas. Outras aplicações comerciais hoje são roupas resistentes a manchas, telas de computador avançadas, ferramentas mais fortes de corte de metais e revestimentos resistentes a arranhões. Nos próximos anos, cada vez mais novos produtos comerciais serão comercializados com as micro camadas para melhorar seu desempenho.

Para a maior parte, a nanotecnologia ainda é uma ciência muito jovem. Mas um aspecto da nanotecnologia já está começando a afetar a vida de todos e já floresceu em uma lucrativa indústria mundial de $ 40 bilhões são os sistemas micro eletromecânicos (MEMS), que incluem tudo, desde o jato de tinta dos cartuchos, aos sensores de airbag, e exibem os giroscópios para carros e aviões. MEMS são máquinas minúsculas tão pequenas que podem facilmente caber na ponta de uma agulha. Eles são criados usando a mesma tecnologia de gravação utilizada na indústria de computadores. Em vez de condicionamento de transistores, os engenheiros gravam os minúsculos componentes mecânicos, criando peças de máquinas tão pequenas que você precisaria de um microscópio para vê-las.

Os cientistas fizeram uma versão atômica do ábaco, o venerável dispositivo de cálculo da Ásia, que consiste em várias colunas verticais de fios contendo contas de madeira. Em 2000, os cientistas da IBM do Zurich Research Laboratory fizeram uma versão atômica do ábaco, manipulando átomos individuais com um microscópio de varredura. Em vez de contas de madeira que sobem e descem os cabos verticais, o ábaco atômico usava buckyballs, que são átomos de carbono arranjados para formar uma molécula em forma de bola de futebol, 5.000 vezes menor que a largura de um fio de cabelo humano.

Em Cornell, os cientistas criaram mesmo foi uma guitarra atômica. Ela tinha seis cordas, cada corda com apenas 100 átomos de largura. Camada final para terminar, vinte destas guitarras caberiam dentro de um fio de cabelo humano. A guitarra é real, com sequencias reais que podem ser dedilhadas (embora a frequência desta guitarra atômica seja muito alta para ser captada pelo ouvido humano). Mas a aplicação mais difundida na prática desta tecnologia está em sacos de ar, que contêm pequenos acelerômetros MEM que podem detectar a súbita batida do seu carro. O acelerômetro MEM é composto por uma bola microscópica presa a uma mola ou alavanca. Quando você pisar no freio, a súbitos solavancos da desaceleração da bola, cujo movimento cria uma pequena carga elétrica. Esta carga provoca então uma explosão química que

libera grandes quantidades de gás nitrogênio dentro na fração de 1/25 de segundo. Já, esta tecnologia tem salvado milhares de vidas.

Nano máquinas em nossos corpos

Num futuro próximo, devemos esperar que uma nova variedade de nano dispositivos que pode revolucionar a medicina, como as nano máquinas correndo ao longo da corrente sanguínea. No filme *Fantastic Voyage*, uma equipe de cientistas e sua nave são miniaturizadas para o tamanho de um glóbulo vermelho. Eles, então, embarcam em uma viagem através da corrente sanguínea e no cérebro de um paciente, encontrando uma série de perigos angustiantes dentro do corpo. Um objetivo da nanotecnologia é criar caçadores moleculares que irão ampliar as células cancerosas e destruí-las de forma limpa, deixando as células normais intactas. Os escritores de ficção científica há muito sonham sobre esta busca molecular de destruir estruturas flutuantes no sangue, constantemente à procura de células cancerosas. Mas os críticos uma vez que considera que isto seja impossível, que é outro sonho ocioso dos escritores de ficção.

Parte deste sonho está sendo realizado hoje. Em 1992, Jerome Schentag da Universidade de Buffalo inventaram a pílula inteligente, que mencionamos anteriormente, um instrumento pequeno do tamanho de uma pílula que você engole e que pode ser monitorado eletronicamente. Pode então ser instruído a entregar medicamentos ao local adequado. As pílulas inteligentes têm sido construídas, que possuem câmeras de TV para fotografar o seu interior como eles vão para baixo do seu estômago e intestinos. Os ímãs podem ser usados para orientá-los. Desta forma, o dispositivo pode procurar os tumores e pólipos. No futuro, será possível realizar pequenas cirurgias via essas pílulas inteligentes, remoção de qualquer anormalidade e fazer biópsias do interior, sem cortar a pele.

Um dispositivo muito menor é a nano partícula, uma molécula que pode entregar o câncer de combate a drogas a um alvo específico, que pode revolucionar o tratamento de câncer. Estas nanopartículas podem ser comparadas a uma bomba molecular inteligente, projetada para atingir um alvo específico com uma carga de produtos químicos, reduzindo significativamente o dano colateral no processo. Enquanto uma bomba destrói tudo ao seu redor, incluindo as células saudáveis, bombas inteligentes são seletivas, matam apenas as células cancerígenas.

Qualquer um que experimentou os efeitos colaterais horríveis da quimioterapia vai compreender o grande potencial destas nanopartículas para reduzir o sofrimento humano. A quimioterapia funciona banhando o corpo inteiro com toxinas mortais, matando células cancerosas, um pouco mais eficientemente do que células normais. A

garantia contra danos da quimioterapia é generalizada. Os efeitos colaterais, incluindo náuseas, perda de cabelo, perda de força, etc., são tão graves que alguns pacientes preferem morrer de câncer a se submeter a essa tortura.

Nanopartículas podem mudar tudo isso. Medicamentos, tais como as drogas da quimioterapia, serão colocadas dentro de uma molécula em forma de cápsula. A nano partícula é, então, autorizada a circular na corrente sanguínea, até encontrar um destino particular, onde ela lança seu medicamento. A chave para essas nanopartículas é a sua dimensão: entre 10 a 100 nanômetros, grande demais para penetrar em uma célula de sangue. Assim, as nanopartículas inofensivas ricocheteariam normalmente as células sanguíneas. Mas as células cancerosas são diferentes, suas paredes celulares estão cheias com grandes poros irregulares. As nanopartículas poderiam entrar livremente nas células cancerígenas e entregar os medicamentos, mas deixariam os tecidos saudáveis intocados. Assim, os médicos não precisariam de complicados sistemas de orientação para orientar essas nanopartículas no seu alvo. Elas vão se acumulando naturalmente em certos tipos de tumores cancerígenos.

A beleza disto é que não requer métodos complicados e perigosos, que poderiam ter efeitos colaterais graves. Essas nanopartículas são simplesmente do tamanho certo: grandes demais para atacar as células normais, mas apenas do tamanho certo de penetrar em uma célula cancerosa.

Outro exemplo são as nanopartículas criadas pelos cientistas na BIND Biociências, em Cambridge, Massachusetts. Sua nanopartículas é feitas de ácido polilático e ácido copolylático / ácido glicólico, que pode conter drogas dentro de uma malha molecular. Isso cria a carga da nano partícula. O sistema de orientação das nanopartículas é os peptídeos que ligam o revestimento de partículas e, especificamente, a célula-alvo.

O que é especialmente interessante sobre este trabalho é que essas nanopartículas de forma por si só, sem fabricação complicada e fabricando produtos químicos. Os vários produtos químicos são misturados lentamente, na sequencia apropriada, sob condições muito controladas, e as nanopartículas se auto montariam.

"Porque a automontagem não requer várias etapas químicas complexas, as partículas são muito fáceis de fabricar... E nós podemos fazê-las em uma escala de quilogramas, o que ninguém mais faz", disse Omid Farokhzad BIND, um médico da Harvard Medical School. Já, essas nanopartículas provaram o seu valor contra o câncer de próstata, mama e câncer de pulmão em ratos. Ao utilizar corantes, pode-se mostrar que essas nanopartículas estão se acumulando no órgão em questão, liberando sua carga na forma desejada. Os ensaios clínicos em pacientes humanos começarão em poucos anos.

Liquidando as células do câncer

Não só essas nanopartículas podem procurar as células cancerosas e entregar produtos químicos para matá-los, como elas podem ser realmente capazes de matá-las no local. O princípio por trás disso é simples. Estas nanopartículas podem absorver a luz de uma determinada frequência. Ao concentrar a luz do laser sobre elas, elas se aquecem, ou vibram, destruindo qualquer célula cancerosa nos arredores rompendo suas paredes celulares.

A chave, portanto, é fazer com que essas nanopartículas cheguem perto o suficiente das células cancerosas. Vários grupos já desenvolveram protótipos. Cientistas do Laboratório Nacional Argonne e da Universidade de Chicago criaram nanopartículas de dióxido de titânio o (dióxido de titânio é uma substância comum encontrada em protetor solar). Este grupo descobriu que a nanopartículas poderiam se ligar a um desses anticorpos de que, naturalmente, procurariam determinadas células cancerosas chamadas glioblastoma multiforme (GBM). Então, essas nanopartículas, pegariam uma carona nestes anticorpos, que seriam transportados para as células cancerosas. Então, uma luz branca é iluminada por cinco minutos, de aquecimento e acabam matando as células cancerosas. Estudos têm demonstrado que 80 por cento das células cancerosas poderiam ser destruídas dessa maneira.

Estes cientistas também desenvolveram uma segunda forma de matar as células cancerosas. Eles criaram pequenos discos magnéticos que podem vibrar violentamente. Uma vez que estes discos são levados para as células cancerosas, um campo magnético externo pequeno pode ser passado sobre eles, fazendo-o tremer e rasgar as paredes das células do câncer. Em testes, 90 por cento das células cancerosas foram mortas após 10 minutos de agitação. Este resultado não é um acaso. Cientistas da Universidade da Califórnia em Santa Cruz criaram um sistema similar, usando nanopartículas de ouro. Estas partículas são de apenas 20-70 nanômetros de diâmetro e apenas alguns átomos de espessura, dispostos em forma de uma esfera. Os cientistas usaram um peptídeo certeza de que são conhecidos por ser atraídos para as células de câncer de pele. Este peptídeo foi feito para manter contato com as nanopartículas de ouro, que depois foram transportados para as células de câncer de pele em camundongos. Por brilhar um laser infravermelho, essas partículas de ouro poderiam destruir as células tumorais aquecendo-as. *"É basicamente como a colocação de uma célula cancerosa em água quente e ferver até a morte. Quanto mais calor metálico as nano-esferas gerar, melhor"*, disse Jin Zhang, um dos pesquisadores. Assim, no futuro, a nanotecnologia irá detectar as colônias de câncer de anos a décadas antes que eles pudessem formar um tumor, e nanopartículas que circulam no nosso sangue poderiam ser usada para destruir estas células. A ciência básica está sendo feita hoje.

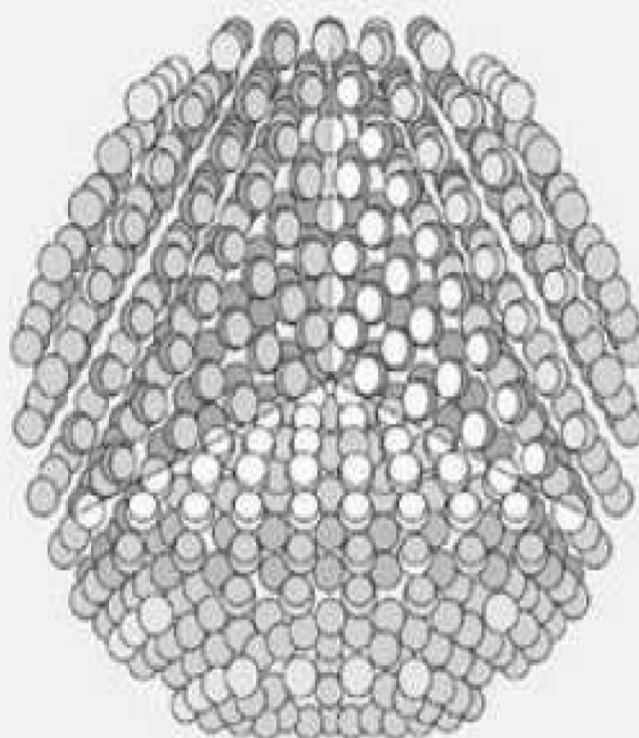
Nano carros em nosso sangue

Um passo além da nano partícula seria os nano carros, um dispositivo que poderiam realmente ser orientados em suas viagens no interior do corpo. Enquanto á nano partícula seria permitido circular livremente na corrente sanguínea, estes nano carros são como os aviões de controle remoto que pode ser guiados e pilotados. James Tour e seus colegas da Universidade Rice, fizeram esse tal nano carro. Ao invés de rodas, ele tem quatro buckyballs. Um dos objetivos futuros da pesquisa é a concepção de um carro molecular que pode empurrar um pequeno robô em torno da corrente sanguínea, para as células cancerosas liquidadas ao longo do caminho, ou entregar medicamentos que salvam vidas para localizações precisas dentro do organismo. Mas um problema com o carro molecular é que ele não tem motor. Cientistas criaram mais e mais sofisticadas máquinas moleculares, mas a criação de uma fonte de energia molecular tem sido um dos principais obstáculos. A Mãe Natureza resolveu este problema usando a molécula de trifosfato de adenosina (ATP) como sua fonte de energia. A energia do ATP torna a vida possível, que energiza a cada segundo os movimentos de nossos músculos. Esta energia do ATP é armazenada dentro de uma ligação atômica entre seus átomos. Mas criar uma alternativa sintética isso tem sido difícil.

Thomas Mallouk e Ayusman Sen da Universidade Estadual da Pensilvânia descobriram uma possível solução para este problema. Eles criaram um nano carro que realmente pode se deslocar á dezenas de micrômetros por segundo, que é a velocidade da maioria das bactérias. (Eles criaram primeiro um nano-haste, feito de ouro e platina, o tamanho da uma bactéria. A nano-haste foi colocada em uma mistura de água e peróxido de hidrogênio. Isso criou uma reação química em uma das extremidades da nano haste que fizeram os prótons se moverem de uma extremidade da haste para a outra. Uma vez que os prótons empurram as cargas elétricas da molécula de água, este impulsiona a nano-haste para frente. A nano-haste continua a avançar, enquanto ali está o peróxido de hidrogênio na água.) Dirigir esses nano-bastões também é possível usando o magnetismo. Os cientistas têm incorporado discos de níquel dentro destas nano-bastões, então eles agem como bússola agulhas. Ao mover um ímã de geladeira comum junto a estes nano-bastões, você pode guiá-los em qualquer direção que você desejar. Contudo outra maneira de dirigir uma máquina molecular é usar uma lanterna. A luz pode quebrar as moléculas em íons positivos e negativos. Estes dois tipos de íons se difundem através do meio em velocidades diferentes, o que configura um campo elétrico. As máquinas moleculares são então atraídas por estes campos elétricos.

Assim, apontando a lanterna pode se orientar as máquinas moleculares nesse sentido. Eu tive uma demonstração deste quando eu visitei o laboratório de Sylvain Martel da Politécnica de Montreal, no Canadá. Sua ideia era usar a cauda da bactéria

comum para impulsionar um avanço de um pequeno chip na corrente sanguínea. Até agora, os cientistas foram incapazes de fabricar um motor atômico, como o encontrado na cauda da bactéria. Martel se perguntou: "*Se a nanotecnologia não pode fabricar essas caudas pequenas, porque não usar as caudas de bactérias viventes?"*. Ele primeiro criou um chip menor que o período do fim desta frase. Então, ele criou um lote de bactérias. Ele foi capaz de colocar cerca de oitenta destas bactérias por trás do chip, para que elas agiram como uma hélice que fez avançar o chip. Uma vez que essas bactérias eram ligeiramente magnéticas, Martel poderia usar ímãs externos para orientá-las em qualquer lugar que ele queria. Eu tive a chance de conduzir esses chips bactérias orientando-as. Eu olhei em um microscópio, e eu pude ver um minúsculo chip de computador que estava sendo empurrado por diversas bactérias. Quando eu apertava um botão, um ímã ligado, e o chip se deslocavam para a direita. Quando eu soltei o botão, o chip parou e, em seguida, foi movido ao acaso. Desta forma, eu poderia realmente conduzir o chip. Enquanto isso percebi que um dia, um médico poderia apertar um botão semelhante, mas desta vez dirigindo um nano-robô nas veias do paciente. *Os robôs moleculares estarão patrulhando nossas correntes sanguíneas, identificando-as e matando as células cancerosas e patogênicas.

Electrochemical cross-linking

Eles poderiam revolucionar a medicina.

Pode-se imaginar um futuro onde a cirurgia será completamente substituída por máquinas moleculares que se deslocam através da corrente sanguínea, guiados por ímãs, indo para um órgão doente, e então liberar medicamentos ou realizando a cirurgia. Isso poderia fazer o corte da pele parecer totalmente obsoleto. Ou, os ímãs poderiam orientar essas nano-máquinas diretamente para o coração, a fim de remover um bloqueio das artérias.

Chips de DNA

Como mencionado no capítulo 3, no futuro, teremos sensores minúsculos em nossas roupas, corpos e no banheiro, monitorando constantemente a nossa saúde e usando a detecção doenças como câncer anos antes de se tornarem um perigo. A chave para isso é o chip de DNA, que promete um *"laboratório em um chip"*. Assim como o tricorder de *Star Trek*, esses pequenos sensores nos darão uma análise médica em poucos minutos. Hoje, o rastreamento do câncer é um processo longo, caro e trabalhoso, muitas vezes levando semanas. Isso limita severamente o número de análises de câncer que pode ser realizada. No entanto, a tecnologia informática está mudando tudo isso. Já, os cientistas estão criando dispositivos que podem rapidamente e de forma mais barata detectar o câncer, procurando por biomarcadores determinados produzidos por células cancerosas. Usando a mesma tecnologia usada em ataque chips de computador, é possível gravar um chip em que existam locais microscópicos que podem detectar sequências específicas de DNA ou de células cancerosas. Usando a tecnologia de ataque transistor, fragmentos de DNA são incorporados no chip. Quando os líquidos são passadas sobre o chip, esses fragmentos de DNA podem vincular as sequências de genes específicos. Em seguida, usando um feixe de laser, é possível digitalizar rapidamente todo o local e identificar os genes. Desta forma, os genes não têm de ser lidos um por um, como antes, mas podem ser verificados aos milhares de uma só vez.

Em 1997, a empresa Affymetrix lançou os primeiros chips de DNA comercial que pode analisar rapidamente 50 mil sequências de DNA. Em 2000, 400.000 sondas de DNA estavam disponíveis por alguns milhares de dólares. Em 2002, os preços caíram para US$ 200,00 para até os mais poderosos chips.

Os preços continuam a mergulhar devido à lei de Moore, até alguns dólares. Shana Kelley, professora na universidade da escola médica de Toronto, disse: *"Hoje, leva uma sala cheia de computadores para avaliar clinicamente uma amostra*

relevante de biomarcadores de câncer e os resultados não estão rapidamente disponíveis. Nossa equipe foi capaz de medir biomoléculas em um chip eletrônico do tamanho de seu dedo". Ela também prevê o dia quando todos os equipamentos para analisar este chip serão reduzidos ao tamanho de um telefone celular. Este laboratório em um chip significa que podemos diminuir um laboratório químico encontrado em um hospital universitário ou até um único chip que podemos usar em nossos próprios banheiros.

Médicos do Hospital Geral de Massachusetts criaram seu próprio biochip personalizado que é 100 vezes mais poderoso do que qualquer coisa no mercado hoje. Normalmente, as células tumorais circulantes (CTCs) constituem menos de uma em um milhão de células em nosso sangue, mas estes CTCs, eventualmente, podem nos matar se eles proliferarem. O novo biochip é sensível o suficiente para encontrar uma CTCs em um bilhão que circulam no nosso sangue. Como resultado, este chip tem sido comprovadamente usado para detectar câncer de pulmão, próstata, pâncreas, mama e células de colo retal, Analisando muito pouco como, por exemplo, uma colher de chá com sangue.

A tecnologia do padrão de ataque esculpe chips contendo 78.000 pinos microscópicos (cada um com 100 mícrons de altura). Sob um microscópio de elétrons, se assemelham a uma floresta de pinos redondos. Cada estaca é revestida com um anticorpo para a molécula de adesão das células epiteliais (EpCAM), que são encontradas em muitos tipos de células cancerosas, mas que estão ausentes em células normais. EpCAM é vital para as células cancerosas de se comunicar umas com as outras quando elas formam um tumor. Se o sangue é passado através do chip, as células CTC têm os pinos redondos. Em ensaios clínicos, o chip com sucesso detectou os tipos de cânceres em 115 dos 116 pacientes. A proliferação desses laboratórios em um chip também vai afetar radicalmente o custo de diagnosticar a doença. Atualmente, podem custar centenas de dólares para ter uma análise de biópsia ou química, que pode levar algumas semanas.

No futuro, podem custar alguns centavos e levar alguns minutos. Isso pode revolucionar a velocidade e acessibilidade dos diagnósticos de câncer. Toda vez que escovar os dentes, vamos ter um controle completo para uma variedade de doenças, incluindo câncer.

Leroy Hood e seus colegas da Universidade de Washington criaram um chip, cerca de 4 centímetros de largura, que podem testar a proteínas específicas de uma única gota de sangue. As proteínas são os blocos construtores da vida. Nossos músculos, pele, cabelo, hormônios e enzimas são todas feitas de proteínas. Detecção de proteínas de doenças como o câncer pode levar a um sistema de alerta precoce para o corpo. Atualmente, os custos do chip de apenas uns dez centavos e pode identificar uma proteína específica dentro de dez minutos, por isso é um milhão de vezes mais eficiente que o sistema anterior. Hood prevê um dia em que um chip vai ser capaz de analisar

rapidamente centenas de milhares de proteínas, alertando-nos para uma grande variedade de doenças anos antes de se tornarem graves.

Os Nano tubos de Carbono

Um preview do poder da nanotecnologia são os nano-tubos de carbono. Em princípio, os nano-tubos de carbono são mais fortes que o aço e também podem conduzir a eletricidade, nos computadores, da forma à base do carbono é uma possibilidade. Embora seja extremamente forte, um problema é que eles devem estar em forma pura, e a mais pura fibra de carbono é de apenas alguns centímetros de comprimento. Mas um dia, computadores inteiros poderão ser fabricados de nano-tubos de carbono e outras estruturas moleculares.

Os nano-tubos de carbono são feitos de átomos individuais de carbono ligados para formar um tubo. Imagine o fio de galinha, onde cada conjunto é um átomo de carbono. Agora arregaçar o fio da galinha em um tubo, e você tem a geometria de um nano-tubo de carbono. Os nano-tubos de carbono são formados a cada fuligem tempo comum é criada, mas os cientistas nunca perceberam que os átomos de carbono poderiam vincular de tal maneira uma novela.

As propriedades quase milagrosas dos nano-tubos de carbono devem seu poder de sua estrutura atômica. Normalmente, quando você analisa um pedaço de matéria sólida, como uma pedra ou madeira, na verdade você está analisando uma composição enorme de muitas estruturas sobrepostas. É fácil de criar fraturas coisas minúsculas dentro deste composto, e sempre fazer com que se quebrem. Assim, a força de um material depende das imperfeições em sua estrutura molecular. Por exemplo, o grafite é feito de carbono puro, mas é extremamente suave porque é feito de camadas que podem deslizar umas sobre as outras. Cada camada é composta de átomos de carbono, cada uma das quais está ligada, com três outros átomos de carbono.

Diamantes são também feitos de carbono puro, mas são os minerais mais fortes que ocorrem naturalmente. Os átomos de carbono em diamantes são dispostos em uma apertada, e encravada estrutura cristalina, dando-lhes a sua força fenomenal. Da mesma forma, os nano-tubos de carbono devem suas propriedades surpreendentes para a sua regular estrutura atômica. Já os nano-tubos de carbono estão encontrando seu caminho para a indústria. Devido à sua condutividade, podem ser usados para criar os cabos para transportar grandes quantidades de energia elétrica. Por causa de sua força, eles podem ser usados para criar substâncias mais duras do que o Kevlar. Mas talvez a aplicação mais importante do carbono seja no negócio de computadores. O carbono é um dos vários candidatos que, eventualmente, sucederão o silício como base da tecnologia de computadores. O futuro da economia mundial podem eventualmente depender desta pergunta: O que vai substituir o silício?

A era pós-silício

Como mencionamos anteriormente, a lei de Moore, um dos alicerces da revolução da informação, não pode durar para sempre. O futuro da economia mundial e o destino das nações poderá vir a depender de qual nação desenvolve um substituto adequado para o silício. A questão é quando se dará o colapso da Lei de Moore? E fazer tremer toda a economia mundial.

Gordon Moore ele mesmo respondeu em 2007, se ele ainda acharia que a celebrada lei sobreviveria após a morte dele e se duraria para sempre. É claro que não, ele disse, e ele ainda previu que ela acabaria em dez ou quinze anos. Esta avaliação bruta foi estimativa anterior feita por Paolo Gargini, pesquisador da Intel, que é responsável por todas as pesquisas externas da Intel.

Uma vez que a Intel Corporation define o ritmo para a indústria de semicondutores, suas palavras foram cuidadosamente analisadas. Na conferência anual Semicon West em 2004, ele disse: *"Vemos que, pelo menos nos próximos quinze ou vinte anos, é que poderemos continuar com a lei de Moore".* A atual revolução nos computadores baseados em silício tem sido impulsionada por um fato fundamental: a capacidade de luz UV para gravar transistores cada vez menores sobre uma bolacha de silício. Hoje, um chip Pentium pode ter várias centenas de milhões de transistores em uma pastilha de tamanho miniaturizada. Como o comprimento de onda de luz UV pode ser tão pequena quanto 10 nanômetros, são possível usar técnicas de gravura para esculpir os componentes que são de apenas, trinta átomos de largura. Mas esse processo não pode continuar para sempre. Cedo ou tarde, ele entrará em colapso, por várias razões.

Primeiro, o calor gerado pelos chips poderosos acabará por derretê-los. Uma solução trivial é empilhar as bolachas em cima da outra, criando um chip cúbico. Isso aumentaria o poder de processamento do chip, mas à custa da criação de mais calor. O calor desses chips cúbicos é tão intenso que você poderia fritar um ovo em cima deles. O problema é simples: não há área suficiente em um chip cúbico para esfriá-lo. Em geral, se você passar água fria ou o ar através de um chip quente, o efeito de resfriamento é maior se você tem mais contato com a superfície do chip. Mas se você tem um chip cúbico, a área de superfície não é suficiente. Por exemplo, se você poderia dobrar o tamanho de um chip cúbico, o calor gerado aumenta por um fator de oito (uma vez que o cubo contém oito vezes mais componentes elétricos), mas a sua área de superfície aumenta apenas por um fator de quatro. Isso significa que o calor gerado no chip cúbico sobe mais rápido que a capacidade de acalmar as coisas. Quanto maior o chip cúbico, mais difícil será esfriá-lo. Então chips cúbicos irão fornecer apenas uma

solução parcial e temporária para o problema. Alguns sugeriram que simplesmente usassem raios X em vez de luz ultravioleta para gravar os circuitos. Em princípio, isso poderia funcionar, já que os raios X podem ter um comprimento de onda de 100 vezes menores do que a luz UV. Mas há um trade-off. Como você se move de luz UV a raios-X, você também deve aumentar a energia do feixe por um fator de 100 ou assim. Isto significa que a gravação com raios X podem destruir o disco que você está tentando gravar. A litografia de raios-X pode ser comparada a de um artista tentando usar um maçarico para criar uma escultura delicada. A litografia de raios-X tem de ser cuidadosamente controlada, a litografia de raios-X é apenas uma solução em curto prazo. Em segundo lugar, há um problema fundamental colocado pela teoria quântica: o princípio da incerteza, que diz que você não pode saber ao certo o local e velocidade de qualquer átomo ou partícula. Em 2020, essa camada pode ser de cinco átomos de largura, de modo que a posição do elétron é incerta, e ele começa a vazar através da camada, provocando um curto-circuito. Assim, há um limite quântico de tamanho que um pequeno transistor de silício pode chegar. Como mencionei anteriormente, uma vez eu foi convidado principal de uma grande conferência de 3000 dos principais engenheiros da Microsoft em sua sede em Seattle, onde eu destaquei o problema do abrandamento da lei de Moore. Esses engenheiros de software altamente confidenciaram-me que eles já estão levando esse problema muito sério, e o processamento paralelo é uma de suas melhores respostas para aumentar o poder de processamento do computador. A maneira mais fácil de resolver esse problema é a sequenciamento de uma série de chips em paralelo, de modo que um problema do computador é dividido em pedaços e depois reagrupado no final.

O processamento paralelo é uma das chaves para o funcionamento do nosso próprio cérebro. Se você fizer uma ressonância magnética do cérebro como ele pensa, você descobre que diversas regiões de luz do cérebro até simultaneamente, o que significa que o cérebro rompe uma tarefa em pedaços pequenos e processos cada parte simultaneamente. Isso explica por que os neurônios (que carregam mensagens elétricas no ritmo dolorosamente lento de 200 milhas por hora) podem superar um supercomputador, em que as mensagens viajam a velocidades próximas à da luz. O nosso cérebro não tem a velocidade, entretanto mais do que compensa por fazer milhões de cálculos simultaneamente pequenos e, em seguida, adicionando-os ao todo.

A dificuldade com o processamento paralelo é que cada problema tem de ser quebrado em vários pedaços. Cada peça é então processada por chips diferentes, e o problema é remontado no final. A coordenação desse rompimento pode ser extremamente complicada, e depende especificamente para cada problema, fazer um procedimento geral muito difícil de encontrar. O cérebro humano faz isso sem esforço, mas a Mãe Natureza teve milhões de anos para resolver este problema. Os engenheiros de software têm tido apenas uma década ou algo assim.

O Transistor Atômico

Um possível substituto para os chips de silício são transistores feitos de átomos individuais. Se falharem, pois os transistores de silício e camadas de fios em um chip estarão ficando no tamanho da escala atômica, então porque não começar tudo de novo e a partir da computação em átomos?

Uma maneira de realizar isso é com transistores moleculares. Um transistor é um interruptor que lhe permite controlar o fluxo de eletricidade pelo fio. É possível substituir um transistor de silício com uma única molécula, feita de produtos químicos como rotaxano e benzenethiol. Quando você vê uma molécula de benzenethiol, parece como um tubo longo, com um "botão", ou válvula, feito de átomos no meio. Normalmente, a eletricidade é livre para fluir para baixo do tubo, tornando-o um condutor. Mas também é possível apertar o "botão", que desliga o fluxo de eletricidade. Desta forma, a molécula inteira age como um interruptor que pode controlar o fluxo de eletricidade. Em uma posição, o botão permite que a eletricidade flua que pode representar o número "1". Se o botão está ligado, então a corrente elétrica é interrompida, o que representa o número "0". Assim, as mensagens digitais podem ser enviadas usando moléculas. Os transistores moleculares já existem. Várias empresas já anunciaram que criaram transistores feitos de moléculas individuais. Mas, antes que possam ser comercialmente viáveis, é preciso ser capaz de conectá-los corretamente e produzir em massa deles. Um candidato promissor para o transistor molecular vem de uma substância chamada grafeno, que foi isolado pela primeira vez a partir de grafite em 2004 por André Geim e Kostya Novoselov, da Universidade de Manchester, que ganhou um prêmio Nobel por seu trabalho. É como uma única camada de grafite. Ao contrário do carbono dos nanotubos, que são folhas de átomos de carbono enroladas em tubos longos e estreitos, o grafeno é uma folha de carbono, que não tem nenhum átomo mais grosso. Como os nanotubos de carbono, o grafeno representa um novo estado da matéria, por isso os cientistas estão provocando além de suas propriedades notáveis, incluindo a condução de eletricidade. *"Do ponto de vista da física, grafeno é uma mina de ouro. Você pode estudá-lo durante eras",* comenta Novoselov. (O grafeno também é o material mais forte e que nunca foi testado na ciência antes. Se você colocar um elefante equilibrado em um lápis e se o lápis for feito em uma folha de grafeno, o grafeno não quebra).

O grupo de Novoselov tem utilizado técnicas padrão utilizado na indústria de computadores para extirpar alguns dos menores transistores já feitos. Estreitos feixes de elétrons podem cavar canais de grafeno, tornando ele o menor transistor do mundo: um átomo de átomos de espessura e dez de largura. (No momento, os menores transistores moleculares são de cerca de 30 nanômetros de tamanho. Os menores transistores de Novoselov são trinta vezes menores do que isso).

Esses transistores de grafeno são tão pequenos, na verdade, eles podem representar o limite máximo para transistores moleculares. Qualquer coisa menor, o princípio de incerteza assume e os elétrons vazariam para fora do transistor, destruindo suas propriedades. *"É o menor que você pode conseguir",* diz Novoselov.

Apesar de existirem vários candidatos promissores para transistores moleculares, o problema real é mais mundano: como fia-los e reuni-los em um produto comercialmente viável. A criação de um único transistor molecular não é suficiente. Os transistores moleculares são notoriamente difíceis de manipular, desde eles podem ser milhares de vezes mais finos que um cabelo humano. É um pesadelo pensar em maneiras de se produzir eles em massa. Atualmente, a tecnologia ainda não encontrou lugar. Por exemplo, o grafeno é um material novo que os cientistas não sabem como produzir em grandes quantidades. Os cientistas podem produzir apenas cerca de 0,1 milímetros de grafeno puro, coisa muito pequena para uso comercial. Uma esperança é que um processo poderá ser encontrado que a automontagem do transistor molecular. Na natureza, às vezes encontramos conjuntos de moléculas que se condensam em um padrão preciso, como se fosse magia. Até agora, ninguém foi capaz de um modo confiável em recriar essa magia.

Os computadores quânticos

A proposta mais ambiciosa é a utilização de computadores quânticos, que na verdade computam em átomos individuais próprios. Alguns afirmam que os computadores quânticos será o computador final, já que o átomo é a menor unidade que se pode calcular por diante.

Um átomo é como um pião. Normalmente, você pode armazenar informações digitais em piões, atribuindo o número "0" se o topo está girando para cima, ou "1" se o topo está girando para baixo. Se você virar um pião, depois de ter convertido um 0 em 1 e ter feito um cálculo. Mas, no mundo bizarro do *quantum*, um átomo está em certo sentido girando para cima e para baixo simultaneamente. (No mundo quântico, conseguir estar em vários lugares ao mesmo tempo é comum.) Um átomo pode, pois conter muito mais informação do que um 0 ou um 1, pode descrever uma mistura de 0 e 1. Então o computador quantum usa o "qubits", em vez de bits. Por exemplo, pode estar 25 por cento girando e girando para baixo de 75 por cento. Desta forma, um átomo de girando pode armazenar muito mais informação do que um único bit.

Os computadores quânticos são tão poderosos que a CIA debruçou-se sobre os seus potenciais de quebra de código. Quando a CIA tenta quebrar o código de outra nação, ela procura a chave. Nações têm buscado formas engenhosas de construir a chave que codifica as suas mensagens. Por exemplo, a chave pode estar com base na fatoração de um grande número. É fácil fatorar o número 21 como o produto de 3 e 7. Agora vamos dizer que você tem um número inteiro de 100 dígitos, e você poderá se perguntar se um computador digital pudesse reescrevê-lo como o produto de dois outros inteiros. Um computador digital pode demorar um século para ser capaz de fatorar esse número. Um computador quântico, no entanto, é tão poderoso que, em princípio, pode facilmente quebrar esse código. Um computador quântico rapidamente supera o computador padrão comum, sobre essas enormes tarefas.

Os computadores quânticos não são ficção científica, mas na verdade eles já existem hoje. Na verdade, eu tive a chance de ver um computador quântico por mim quando eu visitei o laboratório do MIT de Seth Lloyd, um dos pioneiros no campo. Seu laboratório está cheio de computadores, bombas de vácuo, e sensores, mas o coração de sua experiência é uma máquina que se assemelha a uma máquina de MRI padrão, exceto muito menor. Como o aparelho de ressonância magnética, o seu dispositivo tem duas grandes bobinas de fio que criam um campo magnético uniforme no espaço entre elas. Neste campo magnético uniforme, ele coloca o seu material da amostra. Os átomos no interior da amostra alinhada, como piões. Se os pontos do átomo estiverem acima, corresponde a um 0. Se ele apontar para baixo, então corresponde a um 1. Em seguida ele envia um pulso eletromagnético na amostra, que altera o alinhamento dos átomos.

Alguns dos átomos de viram, então se tornam 1 e 0 ao mesmo tempo. Desta forma, a máquina tem realizado um cálculo. Então, porque não temos computadores quânticos sentados em nossas mesas, resolvendo os mistérios do universo? Lloyd admitiu para mim o verdadeiro problema que tem investigado sobre os computadores quânticos que são os distúrbios do mundo exterior que destroem as propriedades delicadas desses átomos. Quando os átomos estão "*coerentes*" e vibrando em outra fase, a menor perturbação do mundo exterior pode estragar esse equilíbrio delicado e fazer os átomos "*se desligarem*", então eles deixam de vibrar em uníssono. Mesmo passando de um raio cósmico ou o barulho de um caminhão do lado de fora do laboratório pode destruir a fiação delicado alinhamento desses átomos e destruir a computação. O problema de coerência é a barreira mais difícil na criação de computadores quânticos. Quem puder resolver o problema da descoerência não só ganhará o Prêmio Nobel, mas também se tornará o homem mais rico do planeta.

Como você pode imaginar, a criação de computadores quânticos de átomos individuais coerentes é um processo árduo, porque esses átomos e rapidamente se desligam e saem da fase. Até agora, o cálculo mais complexo do mundo feito em um computador quântico é 3 × 5 = 15. Embora isto possa não parecer muito, lembre-se que este cálculo foi feito em átomos individuais. Além disso, há outra complicação bizarra proveniente da teoria quântica, novamente com base no princípio da incerteza. Todos os cálculos feitos em um computador quântico são incertos, então você tem que repetir a experiência muitas vezes. Assim, 2 + 2 = darão 4, somente às vezes. Se você repetir o cálculo de 2 + 2 um número de vezes, as médias de resposta final sairiam 4. Assim, mesmo a aritmética torna-se distorcida em um computador quântico. Ninguém sabe quando alguém poderá resolver este problema da descoerência. Vint Cerf, um dos criadores da internet, prevê: *"Em 2050, vamos certamente ter encontrado formas de atingir a computação quântica em temperatura ambiente. "* Devemos também ressaltar que as apostas são tão altas que uma variedade de modelos de computador tem sido explorada pelos cientistas. Alguns desses concorrentes projetos incluem: computadores ópticos: Estes computadores calculam em feixes de luz em vez de elétrons. Como feixes de luz podem passar uns através dos outros, computadores ópticos têm a vantagem de que eles podem ser cúbicos, sem fios. Além disso, os lasers podem ser fabricados usando as mesmas técnicas litográficas como transistores comuns, para que você possa, em teoria ter milhões de lasers em um chip. computadores de 1 ponto de quantum: Semicondutores usados em chips podem ser gravados em pequenos pontos tão pequenos que consistem de uma coleção de pelo menos 100 átomos. Nesse ponto, esses átomos podem começar a vibrar em uníssono. Em 2009, o menor do mundo quantum ponto foi construído a partir de um único elétron. Estes pontos quânticos já provaram o seu valor com diodos emissores de luz e telas de computador. No futuro, se esses pontos quânticos serão dispostos adequadamente, eles poderão até mesmo criar um computador quântico.

Os computadores de DNA: Em 1994, o primeiro computador feito de moléculas de DNA foi criado na Universidade de Southern California. Desde um fio de DNA codifica a informação de aminoácidos representados pelas letras A, T, C, G, em vez de 0s e 1s, o DNA pode ser visto como uma fita de computador normal, exceto que ele poder armazenar mais informações. Da mesma forma que um grande número digital pode ser manipulados e reorganizados por um computador, uma também pode executar manipulações análogas através da mistura de fluidos contendo tubos de DNA, que podem ser cortados e emendados de várias maneiras. Embora o processo seja lento, há tantos trilhões de moléculas de DNA que atuam, simultaneamente, um computador de DNA pode resolver certos cálculos mais convenientemente mais rapidamente do que um computador digital. Apesar de um computador digital já ser bastante conveniente e podem ser colocados dentro de seu telefone celular, os computadores de DNA são mais complicados, envolvendo na mistura tubos de DNA contendo o líquido.

A matéria programável

No filme *Terminator 2: Judgment Day*, Arnold Schwarzenegger é atacado por um robô avançado do futuro, o T-1000, que é feito de líquido metálico. Semelhante a uma massa trêmula de mercúrio, que pode mudar de forma e deslizar o seu caminho através de qualquer obstáculo. Ele pode escoar através das menores rachaduras e de formar armas mortais remodelando as suas mãos e pés. E, então, de repente pode se formar novamente em sua forma original para exercer a sua fúria assassina. O T-1000 parecia ser imbatível, a máquina de matar perfeita. Tudo isso era ficção científica, é claro. A tecnologia de hoje não permite que você altere um objeto sólido na vontade. No entanto, até meados do século uma forma de presente que muda de forma a tecnologia pode tornar-se banal. De fato, uma das principais empresas de condução desta tecnologia é a Intel. Ironicamente, em 2050, a maior parte dos frutos da nanotecnologia estará em todo lugar, mas escondido da vista. Quase todos os produtos serão reforçados através técnicas moleculares de fabricação, então eles vão se tornar superfortes, resistentes, condutores e flexíveis. A nanotecnologia também irá nos dar sensores que constantemente nos protegerão e nos ajudarão, distribuídos no ambiente, escondido sob a superfície da nossa consciência. Vamos andar pela rua e tudo parecerá ser o mesmo, assim que nós nunca saberemos como nanotecnologia mudou o mundo ao nosso redor. Mas há uma consequência da nanotecnologia, que será óbvia. O Exterminador do Futuro o robô assassino *T-1000* é talvez o exemplo mais dramático de um objeto a partir do campo chamado de matéria programável, que poderá nos permitir um dia mudar a forma, cor e forma física de um objeto com o apertar de um botão. Em um nível primitivo, mesmo um sinal de néon é uma forma de matéria programável,

desde que você possa apertar um interruptor de luz e enviar eletricidade através de um tubo de gás. A eletricidade excita os átomos do gás, que se decompõem em seguida, de volta ao seu estado normal, liberando luz no processo. Uma versão mais sofisticada hoje é o display LCD encontrado em telas de computador em todo lugar. O LCD contém um cristal líquido, que se torna opaco quando uma pequena corrente elétrica é aplicada. Assim, através da regulação da corrente elétrica que flui para dentro do cristal líquido, é possível criar cores e formas em uma tela com o pressionar de um botão.

Os cientistas da Intel são muito mais ambiciosos. Eles visualizam usar matéria programável para realmente mudar a forma de um objeto sólido, assim como na ficção científica. A ideia é simples: criar um chip de computador na forma de um minúsculo grão de areia. Estes grãos de areia inteligentes permitem que você altere a carga elétrica estática na superfície, de modo que esses grãos podem se atrair e se repelirem mutuamente. Com um conjunto de encargos, os grãos podem alinhar para formar certa matriz. Mas você pode reprogramar esses grãos, para que mudem as suas cargas elétricas. Imediatamente, esses grãos se rearranjam, formando um todo, um arranjo diferente. Estes grãos são chamados de "catoms" (abreviação de átomos claytronicos), uma vez que pode formar uma grande variedade de objetos, simplesmente mudando suas formas, bem como átomos. (Matéria programável tem muito em comum com os robôs modulares que vimos no capítulo 2. Embora os robôs modulares contenham blocos inteligentes, cerca de 2 centímetros de tamanho, que pode reorganizar-se, encolher matéria programável esses blocos de construção para mudar de tamanho e além). Um dos promotores desta tecnologia é Jason Campbell, pesquisador sênior da Intel. Ele diz: *"Pense em um dispositivo móvel". Meu celular é muito grande para caber confortavelmente no bolso e pequeno demais para meus dedos. É pior se eu tentar assistir a filmes ou tiver de digitar o meu e-mail. Mas se eu tivesse 200-300 mililitros de catoms, eu poderia fazê-lo tomar a forma do dispositivo que eu precisar nesse momento. "Então, em um momento, eu tenho um telefone celular na mão. No momento seguinte, ele se transforma em qualquer outra coisa. Desta forma, eu não tenho que carregar tantos aparelhos eletrônicos".* Em seus laboratórios, a Intel já criou uma série de catoms que são cerca de um centímetro de tamanho. O catom se assemelha a um cubo com dezenas de minúsculos eletrodos distribuídos uniformemente sobre sua superfície. O que faz o catom original é que você pode mudar a carga em cada um dos eletrodos, de modo que se ligam catoms uns aos outros em diferentes orientações. Com um conjunto de encargos, estes cubos poderiam combinar para criar um cubo grande. Alterar as taxas em cada cubo eletrodo, e então o catoms desmontaria e rapidamente iriam reorganizar-se em uma forma totalmente diferente, como um barco. O objetivo é reduzir cada catom ao tamanho de um grão de areia, ou mesmo torná-los menores que isso. Se um dia o condicionamento das técnicas do silício nos permitirem criar catoms que seriam tão pequenos como um celular, então poderemos ser capazes de alterar de forma realista uma forma para outra, simplesmente pressionando um botão.

Justin Rattner, Conselheiro Senior da Intel, diz: *"Nos próximos quarenta anos, isso se tornará a tecnologia cotidiana"*. Uma aplicação imediata seria para os designers de automóveis, engenheiros de companhias aéreas, artistas, arquitetos, e quem têm a concepção de modelos tridimensionais de seus projetos e, em seguida, modificá-los continuamente. Se alguém tem um molde de um sedan de quatro portas, por exemplo, pode-se pegar o molde, esticá-lo, e ele de repente se transforma em um modelo hatch. Compactar o molde um pouco mais e ele se transforma em um carro esportivo. Isso é muito superior à argila de moldar, que não tem memória ou inteligência. Matéria programável tem inteligência, se lembra de formas anteriores, adapta as novas ideias e respondem aos desejos dos designers. Uma vez que o molde é finalizado, o projeto pode ser simplesmente enviado por e-mail para milhares de outros designers, que poderiam criar cópias exatas. Isto poderia ter um efeito profundo sobre produtos de consumo. Brinquedos, por exemplo, poderiam ser programado para mudar de forma através da inserção de um novo software instruções. Assim, para o Natal, basta baixar o software para um brinquedo novo, reprogramar o brinquedo velho, e um brinquedo inteiramente novo aparece. As crianças poderiam celebrar o Natal não abrindo presentes sob a árvore, mas ao baixar software para o seu brinquedo favorito, que o Papai Noel tem enviado para eles, e os catoms que compõem este brinquedo no ano passado se tornariam a coisa mais quente no mercado. Isto significa que umas grandes variedades de produtos de consumo possam, eventualmente, ser reduzidos para programas enviados pela Internet. Em vez de contratar um caminhão para entregar o seu novo mobiliário e equipamentos, você pode simplesmente fazer o download do software fora da rede e reciclar seus produtos antigos. Na renovação das casas e apartamentos não serão tamanha tarefa com a matéria programável. Em sua cozinha, substituindo as telhas, tampos de mesa, eletrodomésticos e armários pode envolver simplesmente apertar um botão. Além disso, isso poderia reduzir a eliminação de resíduos. Você não tem que jogar fora muitas de suas coisas indesejáveis, se você puder simplesmente reprogramar elas. Se um aparelho ou peça de mobiliário se quebrar, você só teria que reprogramá-la e se tornará como nova outra vez.

Apesar de sua enorme promessa, há também inúmeros problemas que enfrentam a equipe da Intel. Uma delas é como orquestrar os movimentos de todos esses milhões de catoms. Não haverá problemas de largura de banda quando tentamos enviar todas essas informações em matéria programável. Mas também existem atalhos poderemos tomar. Por exemplo, em filmes de ficção científica, é comum ver "*morphing*", isto é, uma pessoa de repente se transformando em um monstro. Isto costumava ser um processo muito complexo e tedioso para criar no filme, mas agora pode ser feito facilmente pelo computador. Em primeiro lugar, a identificar certos vetores que marcam diferentes postos-chave em o rosto, como nariz e olhos, tanto para o humano quanto para o monstro. Cada vez que um vetor é movido, o rosto muda gradualmente. Em seguida, os computadores são programado para mover esses vetores, de um rosto para

o outro, assim mudando lentamente um rosto para outro. Da mesma forma, seria possível usar atalhos que mudariam a forma de um objeto em 3D. Outro problema é que as forças de eletricidade estática entre os catoms são fracos quando comparados com as forças resistentes interatômicas que mantêm a maioria dos sólidos juntos. Como vimos, as forças quânticas podem ser muito poderosas, e ser responsáveis pelas propriedades resistentes dos metais e as propriedades elásticas de plástico. Duplicando essas forças quânticas com a força elétrica estática para garantir que estes produtos permaneçam estáveis vai ser um problema no futuro. Tive a oportunidade de testemunhar em primeira mão os notáveis, rápidos avanços em matéria programável quando eu fui com uma equipe de filmagem do Canal Ciência para visitar Seth Goldstein, da Universidade Carnegie Mellon. Em seu laboratório, você poderá ver grandes pilhas de cubos espalhados sobre uma mesa em vários tamanhos, cada um com chips para dentro. Eu vi dois desses cubos ligados firmemente unidas por forças elétricas, e ele me pediu para tentar cortá-los pela mão. Surpreendentemente, eu não podia. Ele descobriu que as forças de ligação elétrica destes dois cubos eram bastante poderosas. Em seguida, ele apontou que estas forças elétricas, sendo correspondentemente maior se você miniaturizasse os cubos. Ele me levou para outro laboratório, onde ele me mostrou o quão pequenos são esses catoms poderão se tornar. Empregando as mesmas técnicas utilizadas para esculpir milhões de transistores em wafers de silício, ele poderia esculpir catoms microscópicos que só tinham milímetros de diâmetro. Na verdade, eles eram tão pequenos que eu tinha de olhar para eles, sob um microscópio para vê-los claramente. Ele espera que, eventualmente, controlando suas forças elétricas, ele poderá levá-las a organizar em qualquer forma com o pressionar de um botão, quase como um feiticeiro conjurando qualquer coisa que ele quiser. Então eu lhe perguntei: Como você pode dar instruções detalhadas de bilhões e bilhões de catoms, de modo que uma geladeira, por exemplo, pode de repente transformar-se num forno? Parece até um pesadelo de programação, eu disse. Mas ele respondeu que não era necessário dar instruções detalhadas para cada catom único. Cada catom tem que saber apenas o que os vizinhos devem juntar. Se cada catom é instruído a ligar com apenas um conjunto pequeno de catoms vizinhos, então o catoms magicamente iriam se reorganizar em estruturas complexas (assim como o cérebro do bebê precisa de neurônios vizinhos que ligados sabem como fazer o cérebro se desenvolver).

Supondo que o problema da programação e da estabilidade pode ser resolvido, então, por século há a possibilidade de que os edifícios ou até cidades inteiras poderão aumentar com o toque de um botão. Basta definir a localização dos edifícios, cavar suas fundações, e permitir que trilhões de catoms possam criar toda a cidade subindo do deserto ou da floresta. No entanto, esses engenheiros da Intel imaginam o dia em que os catoms poderão até assumir a forma humana.

"Por que não? É uma coisa interessante e especular", diz Rattner. (Então, talvez, o robô T-1000 possa se tornar uma realidade).

O Santo Graal: A Replicação

Em 2100, os defensores da nanotecnologia imaginaram uma máquina ainda mais potente: um montador molecular, ou "replicador", capaz de criar qualquer coisa. E consistiria em uma máquina, talvez do tamanho de uma máquina de lavar. Você colocaria a matérias-primas básicas na máquina e, em seguida, apertar um botão.

Trilhões de trilhões de nano-robôs então iriam convergir as matérias-primas, cada uma programada para desmontá-los molécula por molécula e, em seguida, remontá-las em um produto inteiramente novo. Esta máquina seria capaz de fabricar qualquer coisa. O replicador seria o coroamento de engenharia e ciência, a culminação final das nossas lutas, desde que pegou a primeira ferramenta de volta na pré-história.

Um problema com a replicação é o grande número de átomos que têm de ser reorganizados, a fim de se copiar um objeto. O corpo humano, por exemplo, tem mais de 50 trilhões de células e mais de 1026 átomos. Esse é um número surpreendente, exigindo uma quantidade colossal de espaço de memória para armazenar apenas os locais de todos esses átomos. Mas uma maneira de superar esse problema é criar um nano-robô, um robô ainda hipotético molecular. Esses nano-robôs têm várias propriedades da chave. Em primeiro lugar, eles podem se reproduzir. Se eles podem reproduzir uma vez, então eles podem, em princípio, criar um número ilimitado de cópias de si mesmos. Portanto, o truque é para criar apenas o primeiro nano- robô. Segundo, eles serão capazes de identificar as moléculas e corte-las em pontos precisos. Em terceiro lugar, seguindo um código mestre, eles seriam capazes de remontar destes átomos em diferentes modalidades. Assim, a tarefa de reorganizar átomos 1026 é reduzida para fazer um número semelhante dos nanobots, cada um projetado para manipular átomos individuais. Desta forma, o grande número de átomos do corpo não é mais um obstáculo tão assustador.

O verdadeiro problema é a criação de apenas o primeiro destes nanobots míticos e deixar ele se reproduzir por si só. No entanto, a comunidade científica está dividida sobre a questão de saber se o sonho exaustivo do nanofabricator é fisicamente possível de se fazer. Poucos, como Eric Drexler, um pioneiro no domínio das nanotecnologias e autor de The Engines of Creation, vislumbra um futuro onde todos os produtos são fabricados a nível molecular, a criação de uma abundância de bens que hoje só podemos sonhar. Todos os aspectos da sociedade seriam invertidos com a criação de uma máquina que poderia criar qualquer coisa que quisesse. Outros cientistas, no entanto, estão céticos. O falecido ganhador do Prêmio Nobel, Richard Smalley, por exemplo, levantou o problema dos "dedos pegajosos" e "dedos gordos",

em um artigo na revista *Scientific American*, em 2001. A pergunta chave é: Pode um nanobot molecular ser construído para ser ágil o suficiente para reorganizar as moléculas à vontade? Ele disse que a resposta era que não. Este debate aberto quando foi aberto por Smalley com o Drexler, em uma série de cartas, reproduzidas nas páginas de >*Engenharia, Química e Notícias* <publicadas de 2003 a 2004. A posição de Robert Smalley era a de que os "dedos" de uma máquina molecular não seriam capazes de executar esta tarefa delicada, por duas razões. Primeiro, os "dedos" iriam enfrentar minúsculas forças atrativas que iriam fazê-los furar as outras moléculas. Os átomos aderem uns aos outros, em parte, por causa da pequena força elétrica, como a força de Van der Waals, que existem entre seus elétrons. Pense em tentar consertar um relógio quando suas pinças estão cobertas com mel. A montagem tão delicada como componentes de um relógio seria impossível. Agora imagine montar algo ainda mais complicado do que assistir, uma molécula, que constantemente gruda nos dedos. Em segundo lugar, estes dedos podem ser muito "gordos" para manipular os átomos. Pense em tentar reparar esse relógio com luvas de algodão grosso. Uma vez que os "dedos" são feito de átomos individuais, como são os objetos que estão sendo manipulados, os dedos podem simplesmente ser muito grossos para realizar as operações delicadas necessárias. Smalley concluiu: *-"Assim como você não pode fazer um garoto e uma garota se apaixonar uns com os outros simplesmente os empurrando um para o outro, você não pode fazer química precisa... o que ocorre como desejado entre dois objetos moleculares com movimento mecânico simples... Química, como o amor, é mais sutil do que isso".* Este debate vai para o coração de um replicador se um dia vai revolucionar a sociedade ou for considerado como uma curiosidade e relegada à lixeira da tecnologia. Como vimos às leis da física em nosso mundo não se traduzem facilmente para a física do mundo nano. Os efeitos que podemos ignorar como as forças de van der Waals, a tensão superficial, o princípio da incerteza, o princípio de exclusão de Pauli, etc, eles se tornam dominantes no mundo nano-tecnológico.

Para apreciar esse problema, imagine que o átomo é do tamanho de uma bola de gude e que você ter em uma piscina cheia desses átomos. Se você cair na piscina, seria bem diferente de cair em uma piscina de água. Estas "bolinhas" estariam constantemente vibrando e se batendo de todos os sentidos, por causa do movimento browniano. Tentando nadar nesta piscina seria quase impossível, pois seria como tentar nadar no melado. Cada vez que você tentasse agarrar uma das bolas de gude, ela iria se afastar de você ou furar os seus dedos, devido a uma complexa combinação de forças. No final, os dois cientistas concordaram em discordar. Embora Smalley seja incapaz de dar um soco nocaute contra o replicador molecular, várias coisas ficaram claro depois que a poeira se assente. Em primeiro lugar, ambos concordaram que a ideia ingênua de um nanobot armado com uma pinça molecular cortando e colando moléculas foi modificada. As novas forças quânticas se tornariam dominantes na escala atômica. Em segundo lugar, embora esse replicador, ou construtor universal, seja ficção científica,

hoje, uma versão dele já existe. A Mãe Natureza, por exemplo, podem levar hambúrgueres e produtos hortícolas e transformá-los em um bebê em apenas nove meses. Este processo é realizado por moléculas de DNA (que codificam o projeto para o bebê) que norteiam as ações dos ribossomos (que cortam e emendam as moléculas em ordem correta), utilizando as proteínas e aminoácidos presentes em seus alimentos. E terceiro, um montador molecular pode funcionar, mas em uma versão mais sofisticada. Por exemplo, como Smalley apontou, trazendo dois átomos não garante uma reação. A Mãe Natureza muitas vezes fica em torno desse problema através do emprego de um terceiro, uma enzima em solução de água, para facilitar uma reação química. Smalley apontou que muitos produtos químicos encontrados em computadores e na indústria eletrônica não podem ser dissolvidos em água. Mas Drexler rebateu dizendo que nem todas as reações químicas envolvem água ou de enzimas. Uma possibilidade, por exemplo, é chamada de automontagem, ou a abordagem bottomup. Desde a antiguidade, os seres humanos têm usado a abordagem top-down para a construção. Com ferramentas como um martelo e serra, a gente começa a cortar a madeira e depois junta às placas para criar estruturas maiores, como uma casa de acordo com um projeto. Você tem que guiar cuidadosamente o processo de cima a cada passo do caminho. Na abordagem bottom-up, as coisas se montam sozinhas. Na natureza, por exemplo, flocos muito bonitos se cristalizam numa tempestade. Trilhões de trilhões de átomos podem se reorganizar para criar novas formas. Ninguém tem a concepção de cada floco de neve. Isso geralmente ocorre em sistemas biológicos também. Os ribossomos bacterianos, que são complexos sistemas moleculares que contenham pelo menos cinquenta e cinco moléculas de proteínas diferentes e várias moléculas de RNA, podem espontaneamente se juntar em um tubo de ensaio. A automontagem é também usada na indústria de semicondutores. Componentes utilizados na montagem de transistores, por vezes, operam por si mesmos. Através da aplicação de várias técnicas e processos complexos em uma sequencia precisa (como resfriamento, cristalização, polimerização, deposição de vapor, solidificação, etc.) um pode produzir uma variedade de componentes de computador com valor comercial. Como vimos anteriormente, certo tipo de nanopartículas utilizadas contra as células cancerosas podem ser produzidas por esse método. No entanto, as maiorias das coisas não se criam. Em geral, apenas uma pequena fração dos nano-materiais têm sido mostrados para se auto montar corretamente. Você não pode comprar uma nanomáquina usando a automontagem, como você pode encomendar a partir de um cardápio. Assim, o progresso na criação de nanomáquinas desta forma será constante, mas lenta. Em suma, os montadores moleculares aparentemente não violam nenhuma lei da física, mas serão extremamente difíceis de construir. Nanobots não existem agora, e também não existirão num futuro próximo, mas uma vez (e se) o primeiro nanobot for produzido com sucesso, ele poderá alterar a sociedade como a conhecemos.

Construindo um Replicador

Com o que se parece um replicador? Ninguém sabe exatamente, porque estamos entre décadas a um século longe de realmente construir um, mas eu tenho uma ideia de como um replicador pode se parecer quando eu tive a minha cabeça examinada (literalmente). Para um canal Ciência especiais, eles criaram uma cópia realista 3D do meu rosto para fora do plástico por um feixe de laser de varredura horizontal em todo o meu rosto. Como o raio bateu na minha pele, o reflexo foi registrado por um sensor que alimentou a imagem em um computador. Em seguida, o feixe fez a próxima passagem pelo meu rosto, mas um pouco menor. Eventualmente, tendo verificado o meu rosto inteiro, dividindo-o em várias fatias horizontais. Ao olhar para uma tela de computador, você pode ver uma imagem 3-D da superfície do meu rosto emergir, com uma precisão de, talvez, um décimo de um milímetro, constituído por estas fatias horizontais. Então, esta informação foi alimentada em um grande dispositivo, do tamanho de uma geladeira, que pode criar uma imagem 3D de plástico quase do nada. O dispositivo tem um bico pequeno que se move na horizontal, fazendo muitos passes. Em cada passo, ele pulveriza uma pequena quantidade de plástico derretido, duplicando a laser o original da imagem do meu rosto. Após cerca de dez minutos e passando numerosas vezes, o molde surgiu a partir desta máquina, que ostentam uma estranha semelhança com o meu rosto.

As aplicações comerciais da tecnologia são enormes, já que você pode criar uma cópia real de qualquer objeto 3D, tais como as partes complicadas na máquina, em questão de poucos minutos. No entanto, pode-se imaginar um dispositivo que, em décadas ou séculos a partir de agora, poderão ser capazes de criar uma cópia 3D de um objeto real, até o nível celular e atômico. No próximo nível, é possível utilizar o scanner em 3D para criar órgãos vivos do corpo humano. Da Universidade Wake Forest, os cientistas foram pioneiros de uma nova maneira para criar tecido cardíaco real, com uma impressora a jato de tinta. Primeiro, eles têm que escrever um cuidadoso programa de software que, sucessivamente, sprays vida fora células do coração como o bocal faz com que faz cada passagem. Para isso, eles usam uma impressora jato de tinta comum, mas aquela cujo cartucho de tinta é preenchido com uma mistura de fluidos contendo as células do coração vivo. Desta forma, eles têm controle sobre o posicionamento preciso em 3D de cada célula. Depois de várias varreduras, eles podem realmente criar as camadas de tecido do coração. Não há outro instrumento que possa um dia registar a localização de cada átomo do nosso corpo: a ressonância magnética. Como vimos anteriormente, a precisão digitalizada da ressonância magnética é de cerca de um décimo de milímetro. Isto significa que cada pixel de uma varredura MRI sensível podem conter milhares de células. Mas se você examinar a física por trás da RM, você vai achar que a precisão da imagem está relacionada com a

uniformidade do campo magnético dentro da máquina. Assim, fazendo os campos magnéticos ficam cada vez mais uniformes, pode até mesmo ir abaixo de um décimo de milímetro. Já, os cientistas estão prevendo um aparelho de ressonância magnética do tipo com uma resolução até o tamanho de uma célula, ou até menor, que podem varrer (escanear) as moléculas e átomos individuais. Em resumo, um replicador não viola as leis da física, mas seria difícil de criar usando a automontagem. Ao final deste século, quando as técnicas de automontagem estarão finalmente dominadas, poderemos pensar sobre as aplicações comerciais de replicadores.

Cinzento pegajoso?

Algumas pessoas, incluindo Bill Joy, um dos fundadores da Sun Microsystems, manifestaram reservas sobre a nanotecnologia, por escrito, que é apenas uma questão de tempo antes que a tecnologia corra solta, e devorar todos os minerais da terra, e cuspir a "grey goo" *(cinza pegajoso) inútil em seu lugar. Até mesmo o príncipe Charles da Inglaterra se pronunciou contra a nanotecnologia e o cenário cinzento-goo. O perigo reside na propriedade fundamental desses nanobots: que eles podem se reproduzir. Como um vírus, eles não podem ser recuperados uma vez que eles serão soltos no meio ambiente. Eventualmente, eles podem se proliferar descontroladamente, avançando sobre o meio ambiente e destruir a Terra. Minha crença é que há muitas décadas, até séculos antes que esta tecnologia estar madura o suficiente para criar um replicador, então preocupações sobre o cinza pegajoso são prematuras. Como o passar das décadas, não haverá tempo de sobra para criar salvaguardas contra nanobots que funcionam como amebas. Por exemplo, pode-se projetar um sistema à prova de falhas para que, ao pressionar um botão de pânico, todos os nanobots são inutilizados. Ou pode-se projetar "bots killers", projetados especificamente para procurar e destruir nanobots que fiquem fora de controle.

Outra forma de lidar com isso é estudar a Mãe Natureza, que teve milhares de milhões de anos de experiência com este problema. Nosso mundo está cheio de auto replicantes formas moleculares de vida, os chamados vírus e bactérias, que podem proliferar fora de controle e se transformar também. No entanto, nosso corpo também criou "nanobots" próprios, anticorpos e glóbulos brancos no nosso sistema imune que procurar e destruir formas de vida estranhas ao corpo. O sistema certamente não é perfeito, mas fornece um modelo para lidar com isto fora do problema de controle de nano robôs.

O impacto social dos Replicadores

O convidado especial para a BBC / Discovery Channel ,Joel Garreau, autor de Radical Evolution, disse: *"Se um auto montador se tornar possível, vai ser um dos momentos mais fudidos da história !. Então você estará realmente falando sobre como mudar o mundo em algo que nunca reconheceu antes"*. Há um velho ditado, *Cuidado com o que você deseja, porque pode se tornar realidade*. O santo graal da nanotecnologia é criar o montador molecular, ou replicador, mas uma vez inventado, poderia alterar o próprio fundamento da própria sociedade. Todas as filosofias e os sistemas sociais tem, em última análise uma base na escassez e da pobreza. Ao longo da história humana, este tem sido o tema dominante que atravessa a sociedade, moldando nossa cultura, filosofia e religião. Em algumas religiões, a prosperidade é vista como uma recompensa divina e a pobreza são como justo castigo. No Budismo, pelo contrário, baseia-se na natureza universal do sofrimento e sobre como podemos lidar com ele. No cristianismo, o Novo Testamento diz: *"É mais fácil um camelo passar pelo buraco de uma agulha do que um rico entrar no reino de Deus"*. A distribuição da riqueza também define a própria sociedade. O feudalismo é baseado na preservação da riqueza de um punhado de aristocratas contra a pobreza dos camponeses. O capitalismo se baseia na ideia de que os empreendedores, as pessoas produtivas são recompensadas por seus trabalhos, iniciando empresas e ficando ricas. Mas se preguiçosos, os indivíduos não produtivos conseguem obter, tanto quanto eles querem quase de graça, pressionando um botão, então o capitalismo não funciona mais. Se um replicador virar um carro de maçãs inteiro, transformaria as relações humanas de cabeça para baixo. As distinções entre ricos e pobres poderiam desaparecer, e junto com ela a noção de status e poder político. Este dilema foi explorado em um episódio de *Star Trek: The Next Generation*, na qual uma cápsula do século XX é encontrada boiando no espaço exterior. Dentro da cápsula são os corpos congelados de pessoas que sofriam de doenças incuráveis daquela época primitiva, com a esperança de ser reavivadas no futuro. Os médicos da nave estelar *Enterprise* rapidamente curariam essas pessoas de suas doenças e reanimariam de volta a vida. Estes indivíduos afortunados forma surpreendidos que a sua aposta desse certo, mas um deles é um capitalista astuto. A primeira coisa que ele pergunta é: *Em que século estamos?* Quando ele descobre que ele está vivo no vigésimo quarto século, ele rapidamente percebe que seus investimentos devem hoje valer uma fortuna. Ele imediatamente pede para manter contato com seu banqueiro de volta na Terra. Mas a tripulação da *Enterprise* está confusa. Dinheiro? Investimentos? Essas coisas não existiam no futuro. No vigésimo quarto século, basta pedir algo, e ele é dado a você. Isso também põe em causa a busca da sociedade perfeita, ou utopia, um termo cunhado no romance escrito por Sir *Thomas More*, em 1516, intitulado *Utopia*. Consternado com o sofrimento e miséria que viu ao seu redor, ele imaginou um paraíso em uma ilha fictícia no Oceano Atlântico. No século XIX, houve muitos movimentos sociais na Europa, que procurou

por várias formas de utopia, e muitos deles finalmente encontrou refúgio ao fugir para os Estados Unidos, onde vemos evidência de seus assentamentos até hoje. Por um lado, um replicador poderia nos dar a utopia que já foi imaginada por visionários do século XIX. Em experiências anteriores na utopia devido à escassez, levaria á desigualdade, em seguida, brigas, e finalmente entraria em colapso. Mas se replicadores de resolverem o problema de escassez, então talvez à utopia estivesse ao nosso alcance. A arte, música e poesia iriam florescer, e as pessoas seriam livres para explorar os seus maiores sonhos e desejos. Por outro lado, sem o fator motivador da escassez e do dinheiro, que poderia levar a uma sociedade autoindulgente, degenerada que se afunda ao nível mais baixo. Somente um punhado minúsculo, o mais artisticamente motivado, diligenciará no sentido de escrever poesia. O resto de nós, os críticos afirmam, não seríamos bons para nada, seríamos vadios e preguiçosos. Mesmo as definições utilizadas pelos utopistas são postas em causa. O mantra para o socialismo, por exemplo, é: *"De cada um segundo a sua capacidade. Cada um segundo sua contribuição*". O mantra para o comunismo, o mais elevado estágio do socialismo, é: *"De cada um segundo sua capacidade, a cada segundo a sua necessidade".* Mas se replicadores são possíveis, então o mantra torna-se simplesmente: *"A cada um segundo seu desejo".* Há, no entanto, uma terceira forma de olhar para esta questão. De acordo com o Princípio Homem das Cavernas, as personalidades básicas das pessoas não mudaram muito nos últimos 100.000 anos. Naquela época, não havia coisa nenhuma como um trabalho. Os antropólogos dizem que as sociedades primitivas eram em grandes partes comuns, partilhavam de bens e dificuldades de forma igual. Os ritmos diários não eram regidos por um emprego e pagamentos, já que nenhum deles existia. Mas as pessoas na época não se tornaram víboras, por várias razões. Primeiro, porque eles morreriam de fome. Pessoas que não faziam a sua parte do trabalho na tribo eram simplesmente expulsos, e logo morriam. Em segundo lugar, as pessoas ficavam orgulhosas de seu trabalho, e ainda encontravam sentido nas suas tarefas. Em terceiro lugar, foi á pressão social enorme para continuar a ser um membro produtivo da sociedade. Os indivíduos produtivos podiam casar para passar seus genes para a próxima geração, enquanto os genes dos sapatos normalmente morriam com eles. Então, por que as pessoas vão viver uma vida produtiva, quando replicadores são inventados e todos podem ter tudo o que eles quiserem? Primeiro de tudo, replicadores iriam garantir que ninguém passasse fome. Mas em segundo lugar, as maiorias das pessoas provavelmente iriam continuar a trabalhar, porque eles são orgulhosos de suas habilidades e encontrar significado em seus trabalhos. Mas o terceiro motivo, a pressão social, é mais difícil de manter, sem violar as liberdades pessoais. Em vez da pressão social que, provavelmente, tem que ser uma grande mudança na educação para mudar as atitudes das pessoas em relação ao trabalho e recompensa, para que o replicador não seja abusado. Felizmente, desde que o progresso será lento e replicador está um século de distância, a sociedade terá muito tempo para debater os méritos e as implicações

desta tecnologia e se ajustar a essa nova realidade para que a sociedade não se desintegre. Mais do que provavelmente, os primeiros replicadores serão caríssimos. Como especialista em robótica do MIT Rodney Brooks diz: *"A nanotecnologia irá prosperar, assim como fotolitografia prospera e foi muito cara, as situações controladas e não como uma tecnologia do mercado de massa autônoma. "* Os problemas dos bens livres ilimitados não serão tanto um problema. Dada à sofisticação dessas máquinas, pode demorar muitas décadas após a primeira ser criada para derrubar o custo. Uma vez tive uma conversa interessante com Jamais Cascio, um líder futurista com uma longa carreira de pensativa contemplando os contornos do futuro. Primeiro, ele me disse que ele duvidava da teoria de singularidades mencionadas no Capítulo 2, observando que a natureza humana e as dinâmicas sociais são muito desorganizadas, complicadas e imprevisíveis para se encaixar em uma simples teoria pura. Mas ele também admitiu que notáveis avanços em nanotecnologia, eventualmente, podem criar uma sociedade na qual haveria uma superabundância de bens, especialmente com replicadores e robôs. Então eu lhe perguntei: *"Como a sociedade se comportaria se os bens fossem quase de graça, quando a sociedade está, finalmente, começando a ficar rica e que não mais haverá necessidade de se trabalhar"?* Duas coisas aconteceriam, disse ele. Primeiro, ele pensou que não haveria riqueza suficiente para garantir um rendimento mínimo digno para todos, mesmo que funcionasse. Portanto, provavelmente, seria uma fração da população que seria preguiçosos permanentes. Ele previu uma rede de segurança permanente para a sociedade. Isso pode ser indesejável, mas é inevitável, especialmente se replicadores e robôs satisfizerem todas as nossas necessidades materiais. Em segundo lugar, isso seria compensado pensou ele, o desencadeamento de uma revolução no espírito empreendedor. Libertos do medo de mergulhar na pobreza e ruína, os indivíduos mais produtivos teriam mais iniciativa e assumiriam riscos adicionais para criar novas indústrias e novas oportunidades para outros. Ele previu um novo renascimento da sociedade, como o espírito criativo foi desencadeado a partir do medo da falência.
Em meu próprio campo, física, eu vejo que a maioria de nós não se envolveria em física por dinheiro, mas pela alegria da descoberta e da inovação. Muitas vezes, passamos por cima empregos lucrativos em outros campos, porque queríamos perseguir um sonho, e não o dólar. Os artistas e intelectuais sabem também se sentem da mesma forma que seus objetivos não é acumular grandes contas bancárias quanto fosse possível, mas em serem criativos e enobrecer o espírito humano. Pessoalmente, se até 2100, se a sociedade se tornasse tão rica que estaríamos rodeados de riqueza material, eu sinto que a sociedade poderia reagir de forma semelhante. Uma fração da população irá formar uma classe permanente de pessoas que simplesmente se recusariam a trabalhar. Outros podem ser liberados das limitações da pobreza e exercitariam as criativas conquistas científicas e artísticas. Para eles, a alegria de ser criativo, inovador e artísticos superam a sedução de um mundo materialista. Mas a maioria vai

continuar a trabalhar e ser útil simplesmente porque é parte de nossa herança genética, o princípio do Homem das Cavernas de dentro de nós. Mas há um problema que replicadores ainda não podem resolver. E esse é o problema da energia. Todas estas tecnologias milagrosas precisam de grandes quantias de energia para conduzi-los. De onde vem essa energia?

"A Idade da Pedra não acabou por falta de pedras. E a Era do Petróleo terminará quando o mundo ficar sem petróleo". - James Canton.

"Eu penso que quando, roubarem o conhecimento das fileiras de (fusão) o presente original do fogo, trará a ira de volta nas brumas da pré-história". - Ben Bova.

Capítulo 5

O Futuro da Energia: A Energia das Estrelas

As estrelas eram a fonte de energia dos deuses. Quando Apolo atravessou o céu em uma carruagem puxada por cavalos de fogo- respirando, ele iluminou os céus e a terra com o poder infinito do sol. Seu poder era comparável apenas ao do próprio Zeus. Certa vez, quando Semele, uma das inúmeras amantes mortais de Zeus, pediu para vê-lo em sua forma verdadeira, ele relutantemente concedeu o seu pedido. A explosão resultante da energia, cegando cosmicamente e queimou ela como uma batata frita.

Neste século, vamos aproveitar o poder das estrelas, a fonte de energia dos deuses. No curto prazo, isto significa que se inaugurou uma era de hidrogénio solar com o poder de substituir os combustíveis fósseis. Mas, em longo prazo, significa aproveitar o poder da fusão e até mesmo de energia solar do espaço exterior. Outros avanços na física poderia inaugurar a era do magnetismo, em que carros, trens, e até skates iriam flutuar no ar sobre uma almofada de magnetismo. Nosso consumo de energia poderia ser drasticamente reduzido, uma vez que quase toda a energia usada em carros e trens é simplesmente para vencer o atrito da estrada.

Fim do Petróleo

Hoje nosso planeta está completamente apegado aos combustíveis fósseis sob a forma de petróleo, gás natural e carvão. Ao todo, o mundo consome cerca de 14 trilhões de watts, dos quais 33 por cento provém do petróleo, 25 por cento vem do carvão, 20 por cento do gás, 7 por cento de energia nuclear, 15 por cento a partir de biomassa e hidrelétrica, e 0,5 por cento insignificante de energia solar e energias renováveis. Sem combustíveis fósseis, a economia mundial chegaria a uma parada de moedura. Um homem que viu claramente o fim da era do petróleo foi M. King Hubbert, um engenheiro de petróleo da Shell Oil. Em 1956, Hubbert apresentou uma palestra de longo alcance com o American Petroleum Institute, fazendo uma previsão preocupante que foi universalmente ridicularizado por seus colegas na época. Ele previu que o petróleo nos EUA as reservas estariam se exaurindo tão rapidamente que em breve 50 por cento do petróleo poderia ser retirado do solo, provocando uma era irreversível de decadência que se estabeleceria entre 1965 e 1971. Ele viu que a quantidade total de petróleo nos Estados Unidos poderia ser representada como uma curva em forma de sino, e que

estávamos em seguida, perto do topo da curva. A partir de então, as coisas só poderia ir para baixo, ele previu. Isso significava que o óleo se tornaria cada vez mais difícil de extrair, portanto, o impensável aconteceu: os Estados Unidos iriam começar a importar petróleo. Sua previsão parecia explodir mesmo estranha e irresponsável, uma vez que os Estados Unidos ainda estava bombeando uma enorme quantidade de petróleo do Texas e em outras partes do país. Mas os engenheiros de petróleo não estavam mais rindo. A previsão de Hubbert estava certa. Em 1970, os EUA atingiram o pico de produção de petróleo 10,2 milhões de barris por dia e depois caiu. Eles nunca mais se recuperaram. Hoje, os Estados Unidos importam 59 por cento do seu petróleo. Na verdade, se você comparar um gráfico das estimativas de Hubbert fez á décadas atrás com um gráfico da produção real de petróleo dos EUA até 2005, as duas curvas são praticamente idênticas. Agora, a questão fundamental que enfrenta engenheiros de petróleo é: Será que estamos no topo do pico que Hubbert disse sobre as reservas de petróleo do mundo? Em 1956, Hubbert previu também que a produção mundial de petróleo atingiria o pico em cerca de cinquenta anos. Ele pode estar certo de novo. Quando nossos filhos olharem para esta época, eles vão ver os combustíveis fósseis da mesma forma que nós vemos hoje o óleo de baleia, como uma relíquia infeliz de um passado distante? Eu tenho aulas muitas vezes na Arábia Saudita e no Oriente Médio, falando sobre a ciência, a energia, e no futuro. Por um lado, a Arábia Saudita tem 267 bilhões de barris de petróleo, assim que este país parece estar flutuando sobre um enorme lago subterrâneo de petróleo bruto. Viajando por toda a Arábia Saudita e os estados do Golfo Pérsico, pude ver um desperdício de energia exorbitante, com fontes enormes jorrando no meio do deserto, a criação artificial de mamute de lagoas e lagos. Em Dubai, há ainda uma pista de esqui coberta com milhares de toneladas de neve artificial, em desafio absoluto do calor sufocante de fora. Mas agora os ministros do petróleo estão preocupados. Por trás de toda a retórica de "reservas provadas de petróleo", que supostamente iria nos tranquilizar e que teremos abundância de petróleo para as próximas décadas, há a percepção de que muitas destas figuras com autoridade do petróleo são umas formas enganosas de faz de conta. "As reservas provadas de petróleo" soa suavemente autoritária e definitiva, até você perceber que as reservas são muitas vezes a criação de um pensamento político de um ansioso ministro de petróleo local e sob pressão.

Falando para os especialistas em energia, eu podia ver que um consenso preliminar está emergindo: ou estamos no topo do pico de Hubbert para a produção mundial de petróleo, ou talvez em uma década chegue ao ponto decisivo. Isto significa que no futuro próximo, poderemos estar entrando em um período de declínio irreversível. Claro, nunca ficaremos totalmente sem petróleo. Poços novos estão sendo encontrado o tempo todo. Mas o custo de extração e refino está gradualmente subindo como foguete. Por exemplo, o Canadá tem areias de alcatrão enormes, suficientes para abastecer de petróleo o mundo por décadas, mas isso não traria custo-benefício para

extrair e refiná-la. Os Estados Unidos provavelmente tem reservas de carvão suficientes para durar 300 anos, mas existem restrições legais e os custos de extrair todas as partículas e gases poluentes é muito onerosa. Além disso, o petróleo continua a ser encontrado em regiões politicamente instáveis do mundo, contribuindo para a instabilidade externa. Os preços do petróleo, quando representados graficamente sobre as décadas passadas, são como uma montanha-russa, chegando a incríveis US $140,00 por barril em 2008 (e mais de US $ 4 por galão na bomba de gasolina) e depois de mergulhar devido à grande recessão. Embora haja fortes oscilações, devido à instabilidade política, especulações, boatos, etc., uma coisa é clara: o preço médio do petróleo continuará a subir no longo prazo. Isto terá implicações profundas para a economia mundial. A rápida ascensão da civilização moderna no século XX tem sido alimentada por duas coisas: petróleo barato e a lei de Moore. Com os preços crescentes da energia, isso coloca pressão sobre a oferta mundial de alimentos, bem como no controle da poluição. Como escritor Jerry Pournelle disse: *"Alimentos e poluição não são problemas primários: são os problemas de energia. Dada a energia suficiente nós podemos produzir tanta comida pra nós, se necessário, de alta intensidade de meios como hidroponia e estufas. A poluição é semelhante: dado energia suficiente, os poluentes podem ser transformados em produtos de fácil manejo, se necessário, desmontado em seus produtos constituintes "*. Nós também enfrentamos outro problema: o surgimento de uma classe média na China e na Índia, uma das grandes mudanças demográficas da época do pós-guerra, que criou enorme pressão sobre os preços do petróleo e das commodities. Vendo hambúrgueres do McDonald's e dois carros garagens em filmes de Hollywood, eles também querem viver o sonho americano de consumo e de desperdício.

A economia da energia Hidrogênio/Solar

Neste sentido, a história parece se repetir. De volta em 1900, Henry Ford e Thomas Edison, dois amigos de longa data, fizeram uma aposta sobre qual formato de energia poderia abastecer o futuro. Henry Ford aposta na substituição de carvão, por petróleo, com o motor de combustão interna substituindo os motores a vapor. Thomas Edison aposta no carro elétrico. Foi uma aposta decisiva, cujo resultado terá um efeito profundo sobre a história do mundo. Por um tempo, parecia que Edison iria ganhar a aposta, desde que o óleo de baleia fosse extremamente difícil de obter. Mas a descoberta rápida de depósitos de petróleo barato do Oriente Médio e outros lugares logo fizeram Ford emergir e ganhar. O mundo nunca mais foi o mesmo desde então. As baterias não conseguiram acompanhar o sucesso fenomenal da gasolina. (Até hoje, a libra por libra, a gasolina contém cerca de quarenta vezes mais energia que uma

bateria). Mas agora a maré está virando lentamente. Talvez Edison ganhe, no entanto, um século depois que a aposta foi feita.

A questão que se coloca nos corredores do governo e da indústria é: O que vai substituir o petróleo? Não há uma resposta clara. No curto prazo, não há substituição imediata dos combustíveis fósseis, e não mais provável será uma mistura de energia, sem uma forma de energia para dominar os outros. Mas o sucessor mais promissor é o poder solar e o hidrogênio (baseadas em tecnologias renováveis, como energia solar, eólica, hidrelétrica e hidrogênio). No presente momento, o custo da eletricidade produzida a partir de células solares é de várias vezes o preço da eletricidade produzida a partir do carvão. Mas o custo do hidrogênio solar continua a cair devido ao constante avanço tecnológico, enquanto o custo dos combustíveis fósseis continua a sua lenta ascensão. Estima-se que dentro de dez há quinze anos ou mais, as duas curvas se cruzem. Então, as forças do mercado farão o resto.

Energia Eólica

No curto prazo, as energias renováveis como a energia eólica serão um grande vencedor. Mundialmente, a capacidade de geração de energia eólica cresceu de 17 bilhões de watts em 2000 para 121 bilhões de watts em 2008. A energia eólica, uma vez considerada uma jogadora menor, está se tornando cada vez mais proeminente. Recentes avanços na tecnologia de turbinas eólicas aumentaram a eficiência e a produtividade dos parques eólicos, que são um dos setores que mais crescem no mercado da energia. Os parques eólicos de hoje estão muito longe dos moinhos que antigamente a fazendas e moinhos de energia no final de 1800. Não poluentes e seguras, o vento o único gerador de energia pode produzir 5 mil megawatts de potência, suficiente para uma pequena aldeia. Uma turbina eólica tem enormes lâminas lustrosas, cerca de 100 metros de comprimento, que giram com quase nenhum atrito. As turbinas de vento geram eletricidade da mesma forma como hidrelétricas e geradores de bicicleta. O movimento de rotação gira um imã dentro de uma bobina. O campo magnético girando empurra os elétrons no interior da bobina, criando uma corrente líquida de eletricidade. Uma fazenda eólica de grande porte, composta de 100 moinhos de vento, pode produzir de 500 megawatts, equivalente até 1.000 megawatts produzidos por uma única usina de queima de carvão ou nuclear.

Durante as últimas décadas, a Europa tem sido a líder mundial na tecnologia eólica. Mas, recentemente, os Estados Unidos ultrapassaram a Europa em gerar eletricidade a partir do vento. Em 2009, os Estados Unidos produziram apenas 28 bilhões de watts de energia eólica. Mas o Texas sozinho produz 8 bilhões de watts de energia eólica e tem 1 bilhão de watts em construção, e mais ainda em desenvolvimento. Se tudo correr como planejado, o Texas irá gerar 50 bilhões de watts

de energia eléctrica a partir do vento, mais do que suficiente para satisfazer o estado com os 24 milhões de pessoas.

A China em breve ultrapassará os Estados Unidos em energia eólica. Seu programa de Base Vento vai criar seis parques eólicos com uma capacidade de produção de 127,000 milhões de watts. Embora a energia eólica pareça cada vez mais atraente e, sem dúvida, irá crescer no futuro, não pode fornecer a maior parte da energia para o mundo. Na melhor das hipóteses, será a parte integrante de um conjunto maior de energia. A energia eólica enfrenta vários problemas. A energia eólica é gerada somente de forma intermitente, quando o vento sopra, e só em poucas regiões chave do mundo. Além disso, por causa das perdas na transmissão de energia elétrica, os parques eólicos têm de estar perto de cidades, o que limita ainda mais a sua utilidade.

A chegada do Sol

Em última análise, toda a energia vem do sol. Mesmo que o petróleo e o carvão sejam, em certo sentido, a luz solar concentrada, representando a energia que caiu sobre as plantas e animais de milhões de anos atrás. Como consequência, a quantidade de energia solar concentrada armazenada dentro de um galão de gasolina é muito maior do que o energia que pode armazenar em uma bateria. Esse foi o problema fundamental de Edison, no século passado, e é o mesmo problema hoje. As células solares funcionam convertendo a luz solar diretamente em eletricidade. (Este processo foi explicado por Einstein em 1905. Quando uma partícula de luz, ou fóton, atinge um metal, ele chuta para fora um elétron, criando assim uma corrente.) As células solares, no entanto, não são eficientes. Mesmo depois de décadas de trabalho árduo por parte de engenheiros e cientistas, paira a eficiência da célula solar de cerca de 15 por cento. Assim a pesquisa foi em duas direções. A primeira é aumentar a eficiência das células solares, que é um problema técnico muito difícil. A outra é a redução do custo da fabricação, instalação e construção de parques solares. Por exemplo, alguém pode ser capaz de suprir as necessidades elétricas dos Estados Unidos, cobrindo todo o estado do Arizona, com células solares, o que é impraticável... No entanto, os direitos à terra grandes pedaços de Saara alugados de repente se tornaram um tema quente, e os investidores já estão criando enormes parques solares no deserto para satisfazer as necessidades dos consumidores europeus. Ou nas cidades, pode ser capaz de reduzir o custo da energia solar através da cobertura de casas e edifícios, com células solares. Isto tem várias vantagens, incluindo a eliminação das perdas que ocorrem durante a transmissão de energia de uma usina central. O problema está em como reduzir os custos. Um rápido cálculo mostra que você tem que apertar cada dólar possível fazer esses empreendimentos rentáveis.

Embora a energia solar ainda não faça jus à sua promessa, a instabilidade recente dos preços do petróleo impulsionaram os esforços para finalmente trazer a energia solar para o mercado de trabalho. A maré pode estar virando. Os registros estão sendo quebrados há poucos meses. A produção Solar fotovoltaica está crescendo em 45 por cento por ano, quase dobrando a cada dois anos. Mundialmente, a instalação fotovoltaica é agora de 15 bilhões de watts, com crescimento de 5,6 bilhões de watts, só em 2008.

Em 2008, a Florida Power & Light anunciou o maior projeto de planta de energia solar nos Estados Unidos. O contrato foi dado pela SunPower, que planeja gerar 25 megawatts de potência. (O atual detentor do recorde nos Estados Unidos é a Base da Força Aérea de Nellis, em Nevada, com uma planta solar que gera 15 megawatts de energia solar). Em 2009, a Bright Source Energy, sediada em Oakland, Califórnia, anunciou planos para bater esse recorde construindo quatorze usinas de energia solar, gerando 2,6 mil milhões de watts, em toda a Califórnia, Nevada e Arizona. Um dos projetos da BrightSource é a planta Ivanpah solar, constituída por três usinas termelétricas onde se baseiam no sul da Califórnia, que irá produzir 440 megawatts de potência. Em um projeto conjunto com a Pacific Gas and Electric, a BrightSource planeja construir uma planta de watt 1,3 bilhões no deserto de Mojave.
Em 2009, a First Solar, maior fabricante mundial de células solares, anunciou que vai criar a maior usina solar do mundo, a norte da Grande Muralha da China. O contrato de dez anos, cujos detalhes ainda estão sendo martelados, prevê um grande complexo solar contendo 27 milhões de filmes finos painéis solares que vão gerar 2000 milhões de watts de potência, ou o equivalente a duas usinas a carvão, produzindo energia suficiente para abastecer 3 milhões de lares. A planta, que vai cobrir 25 milhas quadrados, será construída no interior da Mongólia e na verdade é parte de um parque de energia muito maior. O estado de funcionários chineses que a energia solar é apenas um componente dessa facilidade, o que acabará por fornecer 12 bilhões de watts de potência de energia eólica, solar, biomassa e hidrelétrica. Resta saber se estes projetos ambiciosos, finalmente, negociarão o desafio de inspeções ambientais e custos, mas o ponto é que a economia solar está gradualmente passando por uma mudança radical, com grandes companhias de energia solar seriamente visualizando a energia solar para competir com as instalações fósseis de combustíveis.

O carro elétrico

Uma vez que cerca de metade do petróleo do mundo é usado em carros, caminhões, trens e aviões, há um enorme interesse em reformar o setor da economia. Existe agora uma corrida para ver quem vai dominar o futuro automotivo, como as

nações fazer para a transição histórica dos combustíveis fósseis para energia elétrica. Existem vários estágios nessa transição. O primeiro é o carro híbrido, já no mercado, que utiliza uma combinação de eletricidade de uma bateria e gasolina. Este projeto utiliza um motor de combustão interno pequeno para resolver os problemas de longa data com as baterias: é difícil criar uma bateria que poderá operar por longas distâncias bem como, fornecer aceleração instantânea. Mas o híbrido é o primeiro passo. O plug-in híbrido carro, por exemplo, possui uma bateria potente o suficiente para executar o carro sobre a energia elétrica para as primeiras cinquenta milhas ou algo assim, antes que o carro tem que mudar para o motor a gasolina. Como a maioria das pessoas faz as suas deslocações e compras dentro de cinquenta milhas, isso significa que esses carros são movidos apenas pela eletricidade durante esse tempo. Uma entrada principal para o plug-in de corrida híbrido é o Chevy Volt, feito pela General Motors. Tem um alcance de 40 milhas (usando apenas uma bateria de íons de lítio) e uma gama de 300 milhas com o pequeno motor a gasolina. E depois há o Tesla Roadster, que não tem motor a gasolina em tudo. É feito pela Tesla Motors, uma companhia de Silicon Valley, que é a única na América do Norte, vendendo carros totalmente elétricos produzidos em série. O Roadster é um carro esportivo e elegante que pode ir cabeça-a-cabeça com um carro a gasolina e ateado fogo, colocando para descansar a ideia de que as baterias elétricas de íons de lítio não podem competir com motores a gasolina. Eu tive a chance de dirigir um Tesla de dois lugares, de propriedade de John Hendricks, fundador da Discovery Communications, empresa controladora do Canal Discovery. Enquanto eu me sentava no banco do motorista, o Sr. Hendricks me pediu para pisar no acelerador com todas as minhas forças para testar seu carro. Seguindo o seu conselho, eu piso no acelerador. Imediatamente, eu podia sentir o súbito aumento no poder. O meu corpo afundou no banco quando eu cheguei a 60 quilômetros por hora em apenas 3,9 segundos. É uma coisa é ouvir um engenheiro falar sobre o desempenho dos carros totalmente elétricos, outra coisa é pisar no acelerador e sentir por si mesmo.

O marketing bem sucedido do Tesla tem forçado as montadoras tradicionais para jogar catch-up, depois de décadas descartando o carro elétrico. Robert Lutz, quando ele era vice-presidente da General Motors, disse: *"Todos os gênios aqui na General Motors diziam que a tecnologia de íons de lítio seria para daqui á dez anos, e a Toyota concordou conosco e bum, longo veio o Tesla. Então eu disse: 'Como é que algumas pequenas empresas da Califórnia, dirigida por caras que não sabem nada sobre o negócio de carros, podem fazer isso e nós não podemos"?* A Nissan Motors está conduzindo a carga para apresentar o carro totalmente elétrico para o consumidor médio. Ele é chamado de *Folha*, tem um alcance de 100 milhas, uma alta velocidade de até 90 milhas por hora, e é totalmente elétrico. Depois que o carro totalmente elétrico, um carro, que acabará por atingir os showrooms é o carro com célula a combustível, algumas vezes chamado o carro do futuro. Em junho de 2008, a Honda Motor Company

anunciou a estreia do carro primeiro do mundo de combustível celular disponível comercialmente, o FCX Clarity. Tem um alcance de 240 km, e uma alta taxa de velocidade de 100 quilômetros por hora, e tem todo o conforto de um sedan de quatro portas padrão. Usando somente o hidrogênio como combustível, não precisa de gasolina e não recarga elétrica. No entanto, porque a infraestrutura para o hidrogênio ainda não existe, ele está disponível para locação nos Estados Unidos apenas no sul da Califórnia. A Honda também está anunciando uma versão de seu carro de esportes do seu carro com célula de combustível, chamado de FC Sport. Então, em 2009, a GM, emergindo de falência depois de sua antiga gestão foi sumariamente posto de lado, e anunciou que o seu carro com célula a combustível, o Chevy Equinox, tinha que ultrapassar a marca dos milhões de milhas em termos de testes. Nos últimos 25 meses, 5.000 pessoas foram testar 100 desses carros de célula de combustível. Em Detroit, ficando cronicamente atrás do Japão na introdução da tecnologia de carros pequenos e híbridos, está tentando obter uma posição no futuro. Na superfície, o carro com célula de combustível é o carro perfeito. Ele é executado pela combinação de hidrogênio e oxigênio, que depois se transforma em energia elétrica, deixando apenas água como resíduos do produto. Não cria nada de fumaça. É quase assustador olhar para o tubo de escape de um carro com célula a combustível. Em vez de sufocar com a fumaça tóxica aumentar por trás, tudo que você vê é incolor, inodoro e somente gotículas de água. *"Você coloca a mão sobre o tubo de escape e a única coisa que sai é a água. Esse foi um sentimento tão legal ",* observou Mike Schwabl, que dirigiu o teste no equinócio de dez dias.

A tecnologia de célula de combustível não é nada nova. O princípio básico já foi demonstrado em 1839. A NASA tem utilizado potência das células de combustível para os seus foguetes espaciais já há décadas. A novidade é a determinação dos fabricantes de automóveis em aumentar a produção e reduzir os custos. Outro problema enfrentado pelo carro a célula de combustível é o mesmo problema que perseguiu Henry Ford, quando ele comercializou o Modelo T. Os críticos alegaram que a gasolina era perigosa, que as pessoas morreriam em acidentes horríveis de carro, sendo queimados vivos em um acidente. Além disso, você teria que ter uma bomba de gasolina em quase cada quarteirão. Em todos estes pontos, os críticos estavam certos. Pessoas morrem aos milhares todos os anos em acidentes horríveis de carro, e vemos postos de gasolina em toda parte. Mas a conveniência e utilidade do carro são tamanhas que as pessoas ignoram estes fatos. Agora, as mesmas objeções têm sido levantadas contra os veículos de célula de combustível. O combustível de hidrogênio é volátil e explosivo, e bombas de hidrogénio teriam de ser construídas em poucos quarteirões. Provavelmente, os críticos estão novamente à direita. Mas uma vez que a infraestrutura de hidrogênio estará nos lugares, às pessoas vão encontrar carros com combustível não poluente e á célula será tão conveniente que eles vão ignorar esses fatos. Hoje, há apenas setenta postos de abastecimento para carros com célula de combustível nos

Estados Unidos. Desde célula de combustível os carros têm um alcance de cerca de 170 milhas para encherem-se, significa que você tem que observar o medidor de combustível com cuidado enquanto você dirige. Mas isso vai mudar gradualmente, especialmente se o preço do carro combustível começar a cair com a produção em massa e os avanços tecnológicos. Mas o principal problema com o carro elétrico é que a bateria elétrica não cria energia a partir do nada. Você tem que carregar a bateria em primeiro lugar, e a eletricidade vem geralmente de uma usina de queima de carvão. Assim, mesmo que o carro elétrico seja livre de poluição, em última análise, a fonte de energia ainda são os combustíveis fósseis.

O hidrogênio não é um produtor de energia líquida. Pelo contrário, é um transportador de energia. Você tem que criar o gás de hidrogênio, em primeiro lugar. Por exemplo, você tem que usar de eletricidade para separar a água do hidrogênio e do oxigênio. Assim, embora os carros elétricos e células de combustível nos deem a promessa de um futuro livre de poluição, ainda há o problema que a energia que consomem vem principalmente da queima de carvão. Em última análise, se chocam a primeira lei da termodinâmica: a quantidade total de matéria e a energia não pode ser destruída ou criada do nada. Você não pode obter algo de graça. Isso significa que, quando nós fizermos a transição da gasolina para a eletricidade, será preciso substituir as usinas a carvão com uma forma inteiramente nova de energia.

A cisão nuclear

Uma possibilidade para criar a energia, ao invés de apenas transmitir energia, é através da divisão do átomo de urânio. A vantagem é que a energia nuclear não produz grandes quantidades de gases de efeito estufa, como o carvão e derivados de petróleo em chamas, mas problemas técnicos e políticos ligados à energia nuclear vagam ao nosso redor por décadas. A primeira usina nuclear nos Estados Unidos começou a ser construída em 1977, antes do fatídico acidente de 1979 em Three Mile Island, que aleijou o futuro da energia nuclear comercial. O devastador acidente de Chernobyl em 1986 selou o destino da energia nuclear de uma geração. Os projetos nucleares de energia secaram nos Estados Unidos e Europa, e só foram mantidos na França, Japão e Rússia, só através de generosos subsídios do governo.

O problema com a energia nuclear é que, quando você divide o átomo de urânio, que produz enormes quantidades de lixo nuclear, que é radioativo por milhares a dezenas de milhões de anos. Um reator de 1.000 megawatts típico produz cerca de trinta toneladas de alto nível dos resíduos nucleares após um ano. É assim que radioativos que literalmente brilham no escuro, e tem de ser armazenado em tanques especiais de refrigeração. Com cerca de 100 reatores comerciais nos Estados Unidos, esta a milhares de toneladas de resíduos de alto nível sendo produzidos por ano.

Estes resíduos nucleares causam problemas por duas razões. Primeiro, ele permanece quente mesmo depois que o reator foi desligado. Se a água de resfriamento for acidentalmente desligada, como em Three Mile Island, em seguida, o núcleo começa a derreter. Se este metal fundido entra em contato com a água, pode causar uma explosão de vapor que poderá explodir o reator de distância, vomitando toneladas de resíduos de alto nível radioativo no ar. No pior caso-acidente nuclear de classe-9, você teria que imediatamente evacuar talvez milhões de pessoas de 10 a 50 milhas do reator. O Reator Indian Point fica a apenas 24 quilômetros ao norte de Nova York. Um estudo do governo estima que se acontecesse um acidente no Indian Point poderia concebivelmente custar centenas de bilhões de dólares em danos materiais. Na Three Mile Island, o reator entrou a poucos minutos de uma grande catástrofe que teria aleijado Nordeste do país. O desastre foi evitado por pouco, quando os pesquisadores reintroduziram com sucesso água de resfriamento no núcleo em apenas 30 minutos antes que o núcleo tivesse atingido o ponto de fusão do dióxido de urânio.

Em Chernobyl, fora de Kiev, a situação era muito pior. O mecanismo de segurança (as hastes de controle) foi desativado manualmente pelos pesquisadores. Uma pequena onda de energia ocorreu, que deixou o reator fora de controle. Quando a água fria de repente bateu no metal derretido, ele criou uma explosão de vapor que explodiu no parte superior inteira do reator, liberando uma grande fração do núcleo para o ar. Muitos dos pesquisadores enviados para controlar o acidente morreram horrivelmente das queimaduras da radiação. Com o fogo do reator queimando fora de controle, eventualmente, a Força Aérea Vermelha teve que ser chamada dentro de helicópteros com blindagem especial foram enviados para pulverizar água borratada para o reator em chamas. Finalmente, o núcleo teve que ser encerrado em concreto sólido. Ainda hoje, o núcleo ainda é instável e continua gerando calor e radiação.

Além dos problemas de desmoronamentos e explosões, há também o problema da eliminação de resíduos. Onde é que vamos colocá-lo? É constrangedor, que em cinquenta anos na era atômica, e ainda não há resposta. No passado, houve uma sequencia de erros caros que diz respeito à eliminação permanente dos resíduos.

Inicialmente, alguns resíduos eram simplesmente despejados nos oceanos pelos Estados Unidos e na Rússia, ou eram enterrados em covas rasas. Nos Montes Urais um despejo de resíduos de plutónio explodiu catastroficamente em 1957, exigindo uma evacuação em massa e causando danos radiológicos num raio de 400 quilômetros quadrados entre a área entre Sverdlovsk e Chelyabinsk. Originalmente, na década de 1970 os Estados Unidos tentaram enterrar os resíduos de alto nível em Lyons, Kansas, em minas de sal. Mas mais tarde, descobriu-se que o sal das minas era inútil, pois eles já estavam repletos de inúmeros buracos perfurados pelos exploradores de petróleo e gás. Os Estados Unidos foram forçados a fechar o lugar em Lyons, num revés constrangedor.

Durante os próximos 25 anos, os Estados Unidos gastaram US $ 9 bilhões para estudar e construir o gigante da montanha do Yucca de eliminação de resíduos em Nevada, para depois apenas ser cancelado pelo presidente Barack Obama em 2009. Os geólogos têm testemunhado que o local na Yucca Mountain pode ser incapaz de conter resíduos nucleares por 10.000 anos. A Yucca Mountain nunca será aberta, deixando os operadores comerciais de centrais nucleares sem desperdiçar a permanente facilidade. Atualmente, o futuro da energia nuclear não é claro. Wall Street continua arisco em investir vários bilhões de dólares em cada nova usina nuclear. Mas as reivindicações da indústria que a última geração de plantas que são mais seguras do que antes. O Departamento de Energia, por sua vez, está mantendo suas opções abertas em matéria de energia nuclear.

A proliferação das Armas Nucleares

No entanto, com grande poder vem também grande perigo. Na mitologia nórdica, por exemplo, os vikings adoravam Odin, que governaram Asgard com sabedoria e justiça. Odin presidiu uma legião de deuses, inclusive o heroico Thor, cuja honra e bravura eram as qualidades mais apreciadas de qualquer guerreiro. No entanto, existiu também Loki, o deus do mal, que foi consumido pelo ciúme e ódio. Ele estava sempre planejando e se destacou em fraude e em engano. Eventualmente, Loki, conspirou com os gigantes para levar a batalha final entre as trevas e a luz, a épica batalha de Ragnarok, o crepúsculo dos deuses. O problema hoje é que ciúmes e ódios entre as nações poderia desencadear um Ragnarok nuclear. A história tem mostrado que quando uma nação mestres tecnologia comercial pode, se ele tem a vontade e desejo político, fizer a transição para armas nucleares. O perigo é que as tecnologias das armas nucleares irão proliferar em algumas das regiões mais instáveis do mundo.

Durante a Segunda Guerra Mundial, apenas as maiores nações do mundo tinham os recursos, know-how e capacidade de criar uma bomba atômica. No entanto, no futuro, o limite poderia ser drasticamente reduzido como o preço do enriquecimento de urânio despencando devido à introdução de novas tecnologias. Esse é o perigo que enfrentamos: as novas tecnologias mais baratas podem colocar a bomba atômica em mãos instáveis. A chave para construir a bomba atômica é o de garantir grandes quantidades de minério de urânio e, em seguida, purificá-la. Isso significa que, separando o urânio 238 (que faz até 99,3 por cento de ocorrência natural de urânio) a partir do urânio 235, que é apropriado para uma bomba atômica, mas representa apenas 0,7 por cento. Estes dois isótopos são quimicamente idênticos, portanto a única maneira confiável para separar os dois é a de explorar o fato de que o urânio 235 pesa cerca de 1 por cento menos do que seu primo. Durante a Segunda Guerra Mundial, a

única maneira de separar os dois isótopos de urânio foi o laborioso processo de difusão gasosa, o urânio foi feito em um gás (hexafluoreto de urânio) e, então, forçados a percorrer centenas de quilômetros de tubos e membranas. No final desta longa jornada, o mais rápido (isto é, mais leve urânio) 235 venceu a corrida, deixando mais o pesado urânio-238 para trás. Depois que o gás contendo urânio-235 foi extraído, o processo foi repetido, até que o nível de enriquecimento de urânio-235 subiu de 0,7 por cento para 90 por cento, que é de bombas movidas a urânio. Mas empurrando o gás necessário gerava grandes quantidades de eletricidade. Durante a guerra, uma fração significativa da oferta elétrica total dos EUA foi desviada para Oak Ridge National Laboratory para este efeito. A instalação de enriquecimento foi gigantesca, ocupando 2 milhões de metros quadrados e empregando 12.000 pesquisadores.

Após a guerra, só as superpotências, os Estados Unidos e a União Soviética, poderiam acumular enormes reservas de armas nucleares, até 30.000 cada, porque eles tinham dominado a arte de difusão gasosa. Mas hoje, apenas 33 por cento de urânio enriquecido do mundo vêm de difusão gasosa. As instalações de enriquecimento de segunda geração usam uma tecnologia mais sofisticada, e mais barata: as ultra centrífugas, que criaram uma mudança dramática no resultado do mundo político. Ultra centrífugas podem girar uma cápsula contendo urânio para velocidades de até 100 mil rotações por minuto. Isso acentua por 1 a diferença percentual entre as massas de urânio 235 e urânio-238. Eventualmente, o urânio 238 se deposita no fundo. Depois de muitas revoluções, pode-se remover o urânio-235 a partir do topo do tubo.

As ultra centrífugas são cinquenta vezes mais eficientes em energia do que a difusão gasosa. Cerca de 54 por cento de urânio do mundo é purificado desta maneira. Com a tecnologia de ultracentrifugação, que leva somente 1.000 ultra centrífugas funcionando ininterruptamente durante um ano para produzir o equivalente a uma bomba atômica enriquecida de urânio. As tecnologias de ultracentrifugação podem ser facilmente roubadas. Em um dos piores falhas de segurança nuclear da história, um engenheiro atômico obscuro, AQ Khan, era capaz de roubar planos para a ultra centrífuga e os componentes da bomba atômica e os vendia para obter lucro. Em 1975, quando trabalhava em Amesterdã para URENCO, que foi criada pelos ingleses, a Alemanha Ocidental e Holanda para abastecer reatores Europeus com urânio, ele deu esses projetos secretos para o governo paquistanês, que o saudaram como um herói nacional, e ele também são suspeitos de vender esta informação classificada para Saddam Hussein e os governos do Irã, a Coréia do Norte e a Líbia. Usando essa tecnologia roubada, o Paquistão foi capaz de criar um pequeno arsenal de armas nucleares, que começou a testar em 1998. O que se seguiu foi rivalidade nuclear entre o Paquistão e a Índia, com cada explosão de uma série de bombas atômicas, quase levou a um confronto nuclear entre as duas nações rivais. Talvez por causa da tecnologia, comprada de AQ Khan, o Irã teria acelerado seu programa nuclear, na construção de 8000 ultra centrífugas em 2010, com a intenção de construir mais 30.000. Esta pressão

sobre outros países do Oriente Médio para criar suas próprias bombas atômicas, promovendo instabilidade. A segunda razão a geopolítica do século XXI pode ser alterada é porque outra geração a laser de enriquecimento de tecnologia enriquecimento de urânio está vinda em linha, um potencial ainda mais barato que as ultra centrífugas.

Se você examinar os reservatórios de elétrons destes dois isótopos de urânio, que aparentemente são os mesmos, uma vez que o núcleo tem a mesma carga. Mas se você analisar as equações para a camada eletrônica com muito cuidado, você descobre que há uma pequena separação de energia entre os reservatórios de elétrons de urânio 235 e urânio 238. Brilhando um feixe de laser que é extremamente afinado, você pode nocautear os elétrons a partir da casca de urânio 235, mas não da de urânio 238. Uma vez que no urânio 235 os átomos ficam ionizados, elas podem facilmente se separar do urânio 238 por um campo elétrico. Mas a diferença de energia entre os dois isótopos é tão pequena que muitas nações tentaram explorar esse fato e falharam. Na década de 1980 e 1990, os Estados Unidos, França, Grã-Bretanha, Alemanha, África do Sul e Japão tentaram dominar esta tecnologia difícil e foram infrutíferas. Nos Estados Unidos, uma tentativa realmente envolveu 500 cientistas e quase US $ 2 bilhões. Mas em 2006, cientistas australianos anunciaram que não só eles haviam conseguido resolver o problema, como eles pretendiam também comercializá-lo. Uma vez que 30 por cento do custo de combustível de urânio vêm do processo de enriquecimento, a empresa australiana Silex acha que poderia haver um mercado para esta tecnologia. A Silex ainda assinava um contrato com a General Electric para começar a comercialização. Eventualmente, eles esperam produzir até um terço de urânio do mundo, utilizando este método. Em 2008, a GE Hitachi Nuclear Energy anunciou planos para construir a primeira usina de enriquecimento comercial á laser em Wilmington, na Carolina do Norte, em 2012. A planta vai ocupar 200 hectares de um local de 1.600 acres. Para a indústria de energia nuclear, esta é uma boa notícia, uma vez que irá reduzir o custo de urânio enriquecido ao longo dos próximos anos. No entanto, outros estão preocupados, porque é só uma questão de tempo antes que esta tecnologia prolifere em regiões instáveis do mundo. Em outras palavras, temos uma janela da possibilidade de assinar tratados de restringir e regular o fluxo de urânio enriquecido. A menos que o controle dessa tecnologia, a bomba vai continuar a proliferar, talvez até mesmo em grupos terroristas. Um dos meus conhecidos foi o falecido Theodore Taylor, que teve a rara distinção de projetar alguns das maiores e menores ogivas nucleares para o Pentágono. Um de seus projetos foi o Davy Crockett, pesando apenas cinquenta quilos, mas era capaz de lançar uma pequena bomba atômica contra o inimigo. Taylor era tal e entusiasmado defensor de bombas nucleares que ele trabalhou no projeto Orion, que era usar bombas nucleares para a propulsão de uma nave espacial para os próximos planetas. Ele calculou que, sucessivamente, largando bombas nucleares a fim, a onda de choque resultante poderia impulsionar uma espaçonave até perto da velocidade da luz. Uma vez eu perguntei a ele porque ele ficou desiludido com a

criação de bombas nucleares e passou a trabalhar em energia solar. Ele me confidenciou que tinha um pesadelo recorrente. Seu trabalho sobre armas nucleares, segundo ele, era liderar uma coisa: a produção da terceira geração de ogivas atômicas. (Primeira geração ogivas de 1950 eram enormes e difíceis de transportar para os seus objetivos. As ogivas de segunda geração da década de 1970 eram pequenos, compactas, e dez delas poderiam se encaixar no nariz de um míssil. Mas as bombas de terceira geração são "bombas-designer", voltadas especificamente para trabalhar em vários ambientes, tais como da floresta, o deserto, até o espaço sideral.) Uma dessas bombas de terceira geração seria uma bomba atômica em miniatura, tão pequena que um terrorista poderia levá-la em uma mala e usá-la para destruir uma cidade inteira. A ideia de que a obra de sua vida um dia poderia ser usada por um terrorista o perseguiria pelo o resto de sua vida.

O aquecimento global

Pela metade do século, o impacto de uma economia de combustíveis fósseis deve estar em pleno andamento: o aquecimento global. É hoje indiscutível que a Terra está se aquecendo. Dentro do último século, a temperatura da Terra subiu 1,3° C, e o ritmo são acelerados. Os sinais são inconfundíveis em todos os lugares que olhamos: A espessura do gelo do Ártico diminuiu espantosamente em 50 por cento apenas nos últimos cinquenta anos. Muito desse gelo do Ártico está logo abaixo do ponto de congelamento, flutuando na água. Por isso, é extremamente sensível a pequenas variações de temperatura dos oceanos, agindo como um canário em uma mina, um sistema de alerta precoce. Hoje, algumas regiões do Norte as calotas polares desapareçam nos meses de verão, e poderão desaparecer completamente durante o Verão já em 2015. A calota de gelo polar pode desaparecer definitivamente até o final do século, interrompendo o clima do mundo, alterando o fluxo do oceano e as correntes de ar ao redor do planeta.

As planícies de gelo da Groelândia diminuíram 24 milhas quadradas em 2007. Este número saltou para 71 milhas quadradas em 2008. (Se todo o gelo da Groelândia fosse de algum modo derreter, o nível do mar subiria cerca de vinte metros ao redor do mundo).

Grandes pedaços de gelo da Antártica, que permaneceram estáveis por dezenas de milhares de anos, estão gradualmente se rompendo. Em 2000, um pedaço do tamanho de Connecticut rompeu, com 4.200 milhas quadradas de gelo. Em 2002, um pedaço de gelo do tamanho de Rhode Island quebrou a geleira Thwaites. (Se todo o gelo da Antártida derretesse, o nível do mar subiria cerca de 180 metros ao redor do mundo).

Para cada metro vertical que o oceano se levanta, a propagação horizontal do oceano é de cerca de 100 pés. Já, os níveis do mar subiram 8 polegadas na século passado, causados principalmente pela expansão da água do mar como ela esquenta. Segundo as Nações Unidas, os níveis do mar poderão subir de 7 até 23 polegadas em 2100. Alguns cientistas disseram que o relatório da ONU foi muito cauteloso em interpretar os dados. De acordo com cientistas da Universidade do Instituto do Colorado do Ártico e Alpine Research, até 2100 o nível do mar pode subir de 3 a 6 pés. Assim, aos poucos os mapas dos litorais da Terra irão mudar. As temperaturas começaram a ser registradas de forma confiável no final dos anos de 1700, 1995, 2005 e 2010, classificado entre os anos mais quentes já registrados, de 2000 a 2009 foi à década mais quente. Da mesma forma, os níveis de dióxido de carbono estão crescendo dramaticamente. Eles estão nos níveis mais altos dos últimos 100 mil anos.

Como a Terra se aquece, as doenças tropicais estão migrando gradualmente para o norte. A recente disseminação do vírus do Nilo Ocidental transportado por mosquitos pode ser um prenúncio do que está por vir. Os funcionários da ONU estão especialmente preocupados com a disseminação da malária indo para o norte. Normalmente, os ovos de muitos insetos nocivos morrem a cada inverno, quando o solo congela. Mas, com o encurtamento da temporada de inverno, isso significa que as propagações inexoráveis de substâncias perigosas dos insetos irão para o norte.

O Dióxido de Carbono e os Gases de Efeito Estufa

De acordo com Intergovernamental da ONU Panel on Climate Change, os cientistas concluíram, com 90 por cento de confiança que o aquecimento global seja impulsionado pela atividade humana, especialmente na produção de dióxido de carbono através da queima de petróleo e carvão. A luz do sol atravessa facilmente o dióxido de carbono. Mas, como a luz solar aquece a Terra, ele cria a radiação infravermelha, que não passa de volta através de dióxido de carbono tão facilmente. A energia da luz do sol não pode refletir de volta no espaço e fica presa.

Vemos também um efeito semelhante em estufas ou carros. O sol aquece o ar, o que é impedido de fugir pelo vidro. É sinistra, a quantidade de dióxido de carbono gerada tem crescido de forma explosiva, especialmente no século passado. Antes da Revolução Industrial, o teor de dióxido de carbono no ar era 270 partes por milhão (PPM). Hoje, ela subiu para 387 PPM.

(Em 1900, o mundo consumiu cerca de 150 milhões barris de petróleo. No ano 2000, saltou para 28 bilhões de barris, um salto 185 vezes maior. Em 2008, 9,4 bilhões de toneladas de dióxido de carbono foram enviados para a atmosfera pela queima de combustíveis fósseis e também o desmatamento, mas apenas 5 bilhões de toneladas

foram recicladas nos oceanos, solos e vegetação. O restante vai ficar parado no ar por décadas, o aquecimento a terra).

A Visita à Islândia

O aumento da temperatura não é um acaso, como podemos ver através da análise de testemunhos de gelo. Por perfuração profunda no gelo antigo do Ártico, os cientistas foram capazes de extrair de bolhas de ar que estão lá a milhares de anos. Pela análise química do ar nessas bolhas, os cientistas conseguem reconstruir a temperatura e teor de dióxido de carbono da atmosfera que remonta mais de 600 mil anos. Em breve, eles serão capazes de determinar as condições do tempo e voltar milhões de anos atrás.

Eu tive a chance de ver isso em primeira mão. Uma vez dei uma palestra em Reykjavik, capital da Islândia, e tive o privilégio de visitar a Universidade da Islândia, em núcleos de gelo que estão sendo analisados. Quando subi no avião e vi as terras de Reykjavik, na tudo o que vejo são neve e rochas recortadas, assemelhando-se a paisagem desolada da lua. Apesar de estéril e proibida, o terreno faz com que o Ártico seja o lugar ideal para analisar o clima da Terra centenas de milhares de anos atrás.

Quando visitei seu laboratório, que é mantido em temperatura de congelamento, eu tinha que passar por portas grossas de refrigeradores. Uma vez lá dentro, eu podia ver racks e racks contendo tubos de metal de comprimento, cada um com cerca de uma polegada e meia de diâmetro e cerca de dez metros de comprimento. Cada tubo oco foi profundamente cavado no gelo de uma geleira. Como o tubo penetrou no gelo, que capturou amostras de neve que haviam caído há milhares de anos. Quando os tubos foram retirados, eu poderia examinar cuidadosamente o conteúdo de gelo de cada um. No início, tudo o que pude ver foi uma longa coluna de gelo branco. Mas depois de um exame mais atento, pude ver que o gelo tinha listras feitas de pequenas bandas de cores diferentes. Os cientistas têm de usar uma variedade de técnicas para datá-los. Algumas das camadas de gelo contêm marcadores indicando eventos importantes, como a fuligem emitida por uma erupção vulcânica. Como as datas dessas erupções são conhecidas com grande precisão, pode-se usá-las para determinar a idade que a camada de gelo tem. Esses núcleos de gelo em seguida foram cortados em várias fatias, para que pudessem ser examinados. Quando eu olhei em uma fatia sob um microscópio, vi minúsculas bolhas, no microscópico. Eu estremeci ao perceber que eu estava vendo as bolhas de ar que foram depositadas á dezenas de milhares de anos atrás, mesmo antes do surgimento da civilização humana. O teor de dióxido de carbono dentro de cada bolha de ar é facilmente medido. Mas o cálculo da temperatura do ar, quando o gelo foi depositado é mais difícil. (Para fazer isso, os cientistas analisam a água da bolha. As

Moléculas de água podem conter diferentes isótopos. Como a temperatura cai, os isótopos mais pesados de água se condensam mais rápido que as moléculas de água comum. Assim, medindo a quantidade de isótopos mais pesados, pode-se calcular a temperatura na qual a molécula de água se condensaria). Finalmente, depois de dolorosa da análise do conteúdo de milhares de núcleos de gelo, estes cientistas chegaram a algumas conclusões importantes. Eles descobriram que os níveis de dióxido de carbono e temperatura têm oscilado em paralelo, como duas montanhas-russas que se deslocam juntas, em sincronia ao longo de muitos milhares de anos. Quando uma curva sobe ou desce, a outra também faz a mesma coisa. Mais importante, eles encontraram um pico repentino de temperatura e teor de dióxido de carbono acontecer apenas no último século. Isso é altamente incomum, já que as maiorias das flutuações ocorrem lentamente ao longo de milênios. Esse pico incomum, não é parte deste processo natural de aquecimento, os cientistas dizem, mas é um indicador direto da atividade humana.

Há outras maneiras de mostrar que este aumento súbito é causado pela atividade humana, e não pelos ciclos naturais. As simulações de computador são tão avançadas que podem simular a temperatura da terra com ou sem a presença da atividade humana. Sem a civilização que produz o dióxido de carbono, encontramos uma curva relativamente plana da temperatura. Mas com a adição da atividade humana, podemos mostrar que deve haver um aumento súbito da temperatura e do dióxido de carbono. O aumento previsto se encaixa perfeitamente no real ponto.

Finalmente, pode-se medir a quantidade de luz solar que as terras em cada pé quadrado de superfície da Terra. Os cientistas também pode calcular a quantidade de calor que é refletida para o espaço exterior da Terra. Normalmente, esperamos que estes dois montantes, fossem iguais, com a entrada igual à de saída. Mas, na realidade, encontramos a quantidade líquida de energia que atualmente é o aquecimento da Terra. Então, se calcularmos a quantidade de energia que está sendo produzida pela atividade humana, encontramos um perfeito ponto de partida. Assim, a atividade humana está causando o aquecimento atual da Terra.

Infelizmente, mesmo se quiséssemos de repente parar de produzir qualquer dióxido de carbono, o gás que já foi liberado para a atmosfera é suficiente para continuar o aquecimento global nas próximas décadas. Como resultado, até meados do século, a situação pode ser terrível. Cientistas criaram imagens do que as nossas cidades costeiras seriam semelhantes em meados do século e além, se o nível do mar continuará a subir. As cidades costeiras podem desaparecer. As grandes áreas de Manhattan poderão ter de ser evacuadas, com Wall Street no nível subaquático. Os governos terão de decidir quais de suas grandes cidades e capitais são dignas de poupança e que estão além da esperança. Algumas cidades podem ser salvas através de uma combinação sofisticada de diques e comportas. Outras cidades podem ser consideradas como perdidas e se permitirem em desaparecer no oceano, criando as

migrações em massa de pessoas. Como a maioria dos centros comerciais populacionais do mundo estão ao lado do oceano, isso poderia ter um efeito desastroso sobre a economia mundial. Mesmo que algumas cidades pudessem ser recuperadas, ainda há o perigo de que grandes tempestades podem enviar ondas de água em uma cidade, paralisando sua infraestrutura. Por exemplo, em 1992, uma tempestade gigantesca inundou Manhattan, paralisando o sistema de metrô e trens de Nova Jersey. Com transporte inundado, a economia sofre uma parada.

As inundações em Bangladesh e no Vietnã

Um relatório do Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas isolaram três pontos críticos para um possível desastre: Bangladesh, o Delta do Mekong no Vietnã, e o Delta do Nilo, no Egito. A pior situação é a de Bangladesh, um país regularmente inundado por tempestades, mesmo sem aquecimento global. A maior parte do país é plana e ao nível do mar.

Embora tenha feito ganhos significativos nas últimas décadas, ainda é uma das nações mais pobres do mundo, com uma das maiores densidades populacionais. (E tem uma população de 161 milhões, comparável a da Rússia, mas com 1/120 da área de terra.) Cerca de 50 por cento da superfície terrestre será permanentemente inundada se o nível do mar subir um metro. Calamidades naturais ocorrem lá quase todos os anos, mas em Setembro de 1998, o mundo assistiu com horror uma pré-visualização do que pode se tornar banal. A inundação maciça fará submergir dois terços do país, deixando 30 milhões de pessoas desabrigadas; 1000 foram mortas, e 6.000 quilômetros de estradas foram destruídos. Este foi um dos piores desastres naturais da história moderna.

Outro país que seria devastado por um aumento do nível do mar é o Vietnã, onde o delta do Mekong é particularmente vulnerável. Pela metade do século, esse país de 87 milhões de pessoas pode enfrentar um colapso de sua principal área de cultivo de alimentos. Metade do arroz no Vietnã é cultivada no delta do Mekong, onde vivem 17 milhões pessoas, e muito do que será inundado permanentemente pelo mar. Segundo o Banco Mundial, 11 por cento de toda a população seria deslocada se o nível do mar subir um metro até meados deste século. O Delta do Mekong também será inundado com água salgada, destruindo permanentemente o solo fértil da região. Se milhões de pessoas são inundadas fora de suas casas no Vietnã, muitos dos rebanhos de Ho Chi Minh City buscariam refúgio. Mas um quarto da cidade também estaria submersa.

Em 2003, o Pentágono encomendou um estudo, feito pela Global Business Network, que mostrou que, em um cenário de pior caso, o caos pode se espalhar em todo o mundo devido ao aquecimento global. Como milhões de refugiados atravessam fronteiras nacionais, os governos poderiam perder toda a autoridade e colapso, por isso os países poderiam descer para o pesadelo dos saques, tumulto e caos. Nesta situação desesperadora, as nações, quando confrontadas com a perspectiva da chegada de milhões de pessoas desesperadas, poderiam recorrer a armas nucleares. *"Imagine o Paquistão, Índia e China, todos armados com armas nucleares deflagradas nas fronteiras sobre os refugiados, o acesso aos rios compartilhados e nas terras ocupadas",* disse o relatório. Peter Schwartz, fundador da Global Business Network e autor principal do estudo do Pentágono, confidenciaram-me os detalhes neste cenário. Ele me disse que o maior arranca rabo seria na fronteira entre a Índia e Bangladesh. Em

uma grande crise em Bangladesh, até 160 milhões pessoas poderiam ser expulsas de suas casas, desencadeando uma das maiores migrações da história humana. As tensões poderiam subir rapidamente as fronteiras, em colapso local os governos estariam paralisados, e a revolta popular eclodiria. Schwartz considera que as nações podem utilizar armas nucleares como um último recurso.

Em um cenário mais pessimista, poderíamos ter um efeito estufa que se alimenta de si mesmo. Por exemplo, com o derretimento da tundra do Ártico poderia liberar milhões de toneladas de gás metano proveniente da decomposição da vegetação. A Tundra abrange cerca de 9 milhões de quilômetros quadrados de terra no hemisfério norte, contendo a vegetação congelada desde a última Idade do Gelo á dezenas de milhares de anos atrás. Esta tundra contém mais dióxido de carbono e metano do que a atmosfera, e isso representa uma enorme ameaça para o clima do mundo. O gás metano, além disso, é um gás com efeito de estufa muito mais mortal do que o dióxido de carbono. Ele não pode ficar na atmosfera do tempo, mas causa muito mais dano do que o dióxido de carbono. A liberação de gás metano tanto da fusão tundra poderia causar temperaturas em rápida ascensão, que faria com que o gás metano fosse ainda mais liberado, causando um ciclo de fuga do aquecimento global.

As Dificuldades Técnicas

A situação é terrível, mas nós ainda não chegamos ao ponto do não retorno. O problema de controle de gases de efeito estufa é em grande parte econômica e política e não técnica. A produção de dióxido de carbono coincide com a atividade econômica e, consequentemente, afetaria a riqueza. Por exemplo, os Estados Unidos produzem cerca de 25 por cento de dióxido de carbono do mundo. Isso ocorre porque os Estados Unidos têm cerca de 25 por cento da atividade econômica do mundo. E em 2009, a China ultrapassou os Estados Unidos na criação de gases de efeito estufa, principalmente devido ao crescimento explosivo da sua economia. Esta é a razão fundamental que as nações estão tão relutantes em lidar com o aquecimento global: ela interfere com a atividade econômica e da prosperidade.

Vários esquemas foram criados para lidar com esta crise global, mas em última análise, uma solução rápida pode não ser suficiente. Só uma mudança importante na maneira como nós consumimos energia vai resolver o problema. Algumas das medidas técnicas têm sido defendidas por cientistas sérios, mas nenhum deles ganhou ampla aceitação.

A propostas incluem:

Lançamento de poluentes na atmosfera. Uma proposta é enviar foguetes na atmosfera superior, onde lançaria poluentes, como dióxido de enxofre, a fim de refletir a luz solar para o espaço, assim resfriando a Terra. Na verdade, o ganhador do Prêmio Nobel Paul Crutzen tem defendido que atirando poluição no espaço como uma "máquina do Juízo Final", proporcionando uma rota de fuga final para a humanidade para deter o aquecimento global. Este ideia tem suas raízes em 1991, quando os cientistas monitoraram cuidadosamente a enorme explosão vulcânica do Monte Pinatubo, nas Filipinas, que lançou 10 bilhões de toneladas de sujeira e detritos no nível superior da atmosfera. Este escureceu o céu e fez a temperatura média em torno da Terra tivesse uma queda de 1° F. Isto tornou possível calcular quanto poluentes seria necessário reduzir a temperatura do mundo. Embora esta seja uma proposta séria, alguns críticos duvidam que ela possa resolver o problema por si só. Pouco se sabe sobre como uma enorme quantidade de poluentes que afetariam mundo com a temperatura. Talvez os benefícios fossem de curta duração, ou os efeitos colaterais indesejados poderiam ser piores que o problema original. Por exemplo, houve uma queda repentina na precipitação global após a erupção do Monte Pinatubo, se o experimento der errado, ele poderia similarmente causar enormes secas. As estimativas de custo mostram que US $ 100 milhões seriam necessários para realizar testes de campo. Como o efeito dos aerossóis de sulfato são temporários, teria um custo mínimo

de US $ 8 bilhões por ano para injetar regularmente grandes quantidades deles na atmosfera.

Criação de algas. Outra sugestão é a do despejo de produtos químicos à base de ferro nos oceanos. Estes nutrientes minerais fariam as algas crescerem no oceano, que por sua vez iriam aumentar a quantidade de dióxido de carbono que é absorvido pelas algas. No entanto, após Planktos, uma corporação com sede na Califórnia, anunciou que iria começar unilateralmente um esforço particular para fertilizar parte do Atlântico Sul, com ferro com a esperança de deliberadamente de os plânctons absorvessem o dióxido de carbono no ar de países vinculados pela Convenção de Londres, que regulamenta a imersão no mar, fez uma *"declaração de preocupação"* com este esforço. Além disso, um grupo das Nações Unidas pediu uma moratória temporária sobre tais experiências. O experimento foi encerrado quando plânctons saíssem dos fundos do oceano.

O sequestro de carbono. Ainda, outra possibilidade é a utilização de sequestro de carbono, um processo pelo qual os dióxidos de carbono emitido pelas usinas carvoeiras são liquefeitas e, em seguida, separadas do ambiente, talvez por estar enterradas no chão. Embora isso possa funcionar em princípio, é um processo muito caro, e não pode remover o dióxido de carbono que já foi lançado para a atmosfera. Em 2009, os engenheiros estavam monitorando cuidadosamente o primeiro grande teste do sequestro de carbono. A usina enorme Montanhesa, construída em 1980 no Oeste da Virgínia, foi adaptada para o dióxido de carbono separado do ambiente, tornando-se os Estados Unidos "a primeira planta de geração de eletricidade de queima de carvão de experimentar com o sequestro". O gás liquefeito será injetado a 7.800 metros de profundidade, eventualmente em uma camada de dolomita. O líquido acabará por formar uma massa de trinta a quarenta metros de altura e centenas de metros de comprimento. O dono da fábrica, a American Electric Power, tem planos para injetar 100.000 toneladas de dióxido de carbono anualmente entre 2 a 5 anos. Esta é apenas 1,5 por cento das emissões anuais da planta, mas, eventualmente, o sistema pode capturar até 90 por cento. Os custos iniciais são cerca de US $ 73 milhões. Mas se for bem sucedido, então este modelo pode rapidamente ser divulgado em outros locais, como nas proximidades as quatro usinas gigantes de queima de carvão geram 6000 milhões de watts de energia (tanto que nesta área é apelidado Megawatt Valley). Há grandes incógnitas: não está claro se o dióxido de carbono venha a migrar ou se o gás vai combinar com a água, talvez criando ácido carbônico, que pode envenenar as águas subterrâneas. No entanto, se o projeto for um sucesso, ele pode muito bem ser parte de um conjunto de tecnologias utilizadas para lidar com o aquecimento global.

A engenharia genética. Outra proposta é a utilização de engenharia genética, especificamente para criar formas de vida que podem absorver grandes quantidades de dióxido de carbono. Um promotor entusiasta desta aproximação é J. Craig Venter, que ganhou fama e fortuna nas técnicas pioneiras de alta velocidade que conduziu com sucesso para o sequenciamento do genoma humano ano antes do previsto. *"Nós vemos o genoma como o software, ou mesmo o sistema operacional sistema, da célula",* diz ele. Seu objetivo é reescrever o software, de modo que os micróbios possam ser geneticamente modificados, ou mesmo construídos a partir do quase zero, de modo que elas absorvam o dióxido de carbono das usinas de queima de carvão e convertê-lo em substâncias úteis, como o gás natural. Ele observa, *"Já existem milhares, talvez milhões, de organismos em nosso planeta que sabem como fazer isso*". *O truque é para modificá-los para que eles possam aumentar a sua produção e também florescer em uma usina a carvão. "Nós pensamos que este campo tem um potencial tremendo para substituir a indústria petroquímica, possivelmente dentro de uma década",* disse ele com otimismo.

O físico de Princeton, Freeman Dyson tem defendido outra variação, criando uma variedade geneticamente modificada de árvores que seriam hábeis em absorção de dióxido de carbono. Ele afirmou que, talvez, um trilhão de tais árvores poderá ser suficiente para controlar o dióxido de carbono no ar. Em seu artigo "*Podemos controlar o dióxido de carbono na atmosfera?*", Ele defendeu a criação de um *"banco de carbono"* de "*árvores de rápido crescimento"* para regular os níveis de dióxido de carbono. No entanto, como acontece com qualquer plano para usar a engenharia genética em grande escala, é preciso ter cuidado com efeitos colaterais.

Não se pode chamar uma forma de vida da mesma forma que nós podemos chamar um carro com defeito. Uma vez liberados no meio ambiente, as forma de vida da engenharia genética pode ter consequências inesperadas para outras formas de vida, especialmente se desloca espécies locais de plantas e perturbar o equilíbrio da cadeia alimentar.

Infelizmente, tem havido uma evidente falta de interesse dos políticos para financiar qualquer um desses planos. No entanto, um dia, o aquecimento global tornar-se tão doloroso e perturbador que os políticos serão obrigados a implementar algumas delas. O período crítico será nas próximas décadas. Pela metade do século, devemos estar na era do hidrogênio, onde uma combinação de fusão, e energia solar das energias renováveis devem nos dar uma economia que é muito menos dependente do consumo de combustíveis fósseis.

Uma combinação de forças de mercado e avanços na tecnologia do hidrogênio deve nos dar uma solução a longo prazo para o aquecimento global. O período de perigo é agora, antes de uma economia do hidrogênio entrar no lugar. No curto prazo, os combustíveis fósseis ainda são a maneira mais barata de gerar energia e, consequentemente, o aquecimento global representa um perigo de décadas por vir.

A Fusão da Energia

Pela metade do século, uma nova opção que se coloca é uma mudança no jogo: a fusão. Por esse tempo, ele deve ser o mais viável de todas as correções técnicas, talvez dando-nos uma solução definitiva para o problema. Enquanto a fissão nuclear se baseia na divisão do átomo de urânio, gerando energia (e uma grande quantidade de armas nucleares resíduos), energia de fusão depende de átomos de hidrogênio fundindo com grande calor, libertando assim muito mais energia (com muito pouco desperdício).

Ao contrário da fissão nuclear, a energia de fusão nuclear libera a energia do sol. Enterrada no interior do átomo de hidrogênio é a fonte de energia do universo. As luzes de fusão até que o sol e os céus. É o segredo das estrelas. Quem pode conseguir dominar o poder da fusão terá desencadeado eterna energia ilimitada. E o combustível para essas usinas de fusão vem da água e do mar normal. Libra por libra, a fusão libera 10 milhões de vezes mais energia que a gasolina. Um vidro de 8 litros de água é igual ao teor de energia de 500 mil barris de petróleo. Fusão (e não cisão) é a forma preferida da natureza para energizar o universo. Na formação da estrela, uma bola rica em gás de hidrogênio é progressivamente comprimida pela gravidade, até que ele começa a aquecer a temperaturas enormes. Quando o gás chega a cerca de 50 milhões de graus ou algo assim (que varia dependendo de condições específicas), os núcleos do hidrogênio no interior do gás estão batendo um no outro, até que se fundiriam para formar hélio. No processo, grandes quantidades de energia são liberadas, o que faz com que o gás acenda. (Mais precisamente, a compressão deve satisfazer algo chamado critério de Lawson, que diz que você tem para comprimir o gás de hidrogênio de certa densidade a uma determinada temperatura durante um determinado período de tempo. Se estas três condições envolvendo a densidade, temperatura e tempo forem cumpridos, você tem uma reação de fusão, quer isso seja uma bomba de hidrogênio, uma estrela, ou uma fusão de um reator). Então essa é a chave: aquecer e comprimir o gás de hidrogênio até o fundir os núcleos, liberando quantidades de energia cósmica.   Mas as tentativas anteriores de aproveitar essa energia cósmica falharam. É uma tarefa extremamente difícil aquecer o gás de hidrogênio para dezenas de milhões de graus, até o fundir os prótons para formar gás hélio e liberar grandes quantidades de energia. Além disso, o público é cínico sobre estas alegações, uma vez que a cada 20 anos os cientistas afirmam que a energia de fusão está a 20 anos de distância. Mas depois de décadas dos créditos excessivamente otimistas, os físicos estão cada vez mais convencidos que a energia de fusão está finalmente chegando, talvez até cedo em 2030. Algures em meados deste século, nós podemos ver plantas de fusão pontilhando a paisagem. O público tem o direito de ser cético sobre a fusão, já que houve muitas fraudes, e falhas no passado. Em 1951, quando os Estados Unidos e a União Soviética foram tomados pelo frenesi da Guerra Fria e promoveu o desenvolvimento da primeira

bomba de hidrogênio, o presidente Juan Perón da Argentina anunciou, com estardalhaço enorme e sob uma blitz de mídia, que os cientistas de seu país fizeram um avanço no controle da energia solar. A história provocou uma chuva de publicidade. Parecia inacreditável, mas ele estampou a primeira página do New York Times. A Argentina impulsionou Perón, que havia feito um marco no avanço científico algo muito importante, onde as superpotências tinham falhado. Um cientista desconhecido de língua alemã, Ronald Richter, tinha convencido Perón para financiar o seu "thermotron", que prometia uma energia ilimitada e glória eterna para a Argentina.

A comunidade científica norte-americana, que ainda estava às voltas com a fusão na corrida acirrada com a Rússia para produzir a bomba H, declarou que o pedido era um disparate. O cientista atômico Ralph Lapp disse: *"Eu sei que o outro material que os argentinos estão usando. É bobagem"*. A imprensa logo apelidou de a "bomba bobagem". O cientista atômico David Lilienthal foi perguntado se haveria a "menor possibilidade", de os argentinos pudessem estar corretos. Ele retrucou: "*Bem menos do que uma chance"*. Sob intensa pressão, Perón simplesmente encurralado, insinuando que as superpotências tinham ciúmes e que a Argentina tinha zombado deles. O momento de verdade finalmente veio no ano seguinte, quando representantes de Perón visitaram o laboratório de Richter. Sob o fogo, Richter estava agindo cada vez mais errático e bizarro. Quando os inspetores chegaram, ele explodiu a porta do laboratório para fora usando tanques de oxigênio e, em seguida, rabiscou em um pedaço de papel as palavras "energia atômica". Ordenou para que se injetasse pólvora no reator. O veredicto era de que ele provavelmente fosse insano. Quando os inspetores colocaram um pedaço de rádio ao lado de Richter "os contadores de radiação", nada acusaram, tão claramente o seu equipamento era fraudulento. Richter foi preso. Mas o caso mais célebre foi o de Stanley Pons e Martin Fleischmann, dois químicos bem respeitados pela Universidade de Utah, que em 1989 alegaram terem dominado a "fusão a frio", isto é, a fusão em temperatura ambiente. Eles alegaram ter colocado metal paládio em água, que depois de alguns átomos de hidrogênio magicamente comprimidos até que fundisse em hélio, liberando a energia do sol sobre uma mesa. O choque foi imediato. Quase todos os jornais do mundo colocaram esta descoberta na sua primeira página. Durante a noite, os jornalistas falaram de acabar com a crise de energia e já estavam inaugurando uma nova era de energia ilimitada. Um frenesi, um hit da mídia mundial. O estado de Utah imediatamente investiu mais de US$ 5 milhões para criar Instituto Nacional para a Fusão a Frio. Mesmo os fabricantes de automóveis japoneses começaram a doar milhões de dólares para promover a investigação neste novo campo promissor.

Ao contrário de Richter, Pons e Fleischmann são muito respeitados na comunidade científica e foram felizes em compartilhar seus resultados com os outros. Eles cuidadosamente definiram os respectivos equipamentos e dados para o mundo ver. Mas depois as coisas ficaram complicadas. Dado que o aparelho era tão simples, grupos ao redor do mundo tentaram duplicar estes resultados surpreendentes.

Infelizmente, a maioria dos grupos não conseguiram encontrar qualquer liberação líquida de energia, declarando a fusão a frio um beco sem saída. No entanto, a história foi mantida viva, porque não foram esporádicos que alegam que determinados grupos tivessem conseguido repetido à experiência.

Finalmente, a comunidade de físicos pesados dentro eles analisaram as equações de Pons e Fleischmann, e encontrou as acharam deficientes. Primeiro, se suas reivindicações foram corretas, uma barragem bolhas de nêutrons teria de irradiar a partir do vidro de água, matando Pons e Fleischmann. (Em uma reação de fusão típica, dois núcleos do hidrogênio se bateram bem e se fundiam, criando a energia, um núcleo de hélio, e também um nêutron.) Assim, o fato de Pons e Fleischmann permaneciam ainda vivos significava que o experimento não funcionou. Se seus experimentos produziram a fusão a frio, eles estariam morrendo de queimaduras de radiação. Em segundo lugar, mais do que provável Pons e Fleischmann tinham encontrado uma reação química ao invés de uma reação termonuclear. E o metal paládio, concluem os físicos, não pode ter átomos de hidrogênio se ligando de perto o suficiente para causar a fusão do hidrogênio em hélio. Seria violar as leis da teoria quântica. Mas a polêmica não morreu, até mesmo hoje. Há ainda eventuais ações que alguém tenha conseguido a fusão a frio. O problema é que ninguém foi capaz de atingir de forma confiável a fusão a frio sob demanda. Afinal, qual é o ponto de fazer um motor de automóvel se ele funcionar apenas ocasionalmente? A ciência é baseada em resultados reproduzíveis, testáveis e falsificáveis que trabalham o tempo todo.

A Fusão Quente

Mas as vantagens da energia de fusão são tamanhas que muitos cientistas têm atendido a sua sirene. Por exemplo, a fusão cria uma poluição mínima. É relativamente limpa, e é um modo natural de energização do universo. Um subproduto da fusão é o gás hélio, que é realmente valioso comercialmente. Outro é o aço radioativo da câmara de fusão, que acaba por ter de ser enterrado. É levemente perigoso apenas por algumas décadas. Mas uma planta de fusão produz uma quantidade insignificante de lixo nuclear em comparação com uma planta padrão de fissão de urânio (Que produz trinta toneladas de alto nível de resíduos nucleares por ano, que duram milhares entre dezenas até milhões de anos).

Além disso, as plantas de fusão não pode sofrer um colapso catastrófico. As usinas de fissão do urânio, sim precisamente porque elas contêm toneladas dos resíduos nucleares no seu núcleo, e produzem quantidades voláteis de calor, mesmo após o desligamento. É este calor residual que pode, eventualmente, derreter o aço sólido e entrar nas águas subterrâneas, e criar uma explosão a vapor e o pesadelo do acidente

Síndrome da China. As plantas de fusão são inerentemente mais seguras. A "fusão de fusão" é uma contradição em termos. Por exemplo, se alguém desligar um reator de fusão é o campo magnético, o plasma quente que batia nas paredes da câmara e do processo de fusão pararia imediatamente. Assim, uma fábrica de fusão, ao invés de sofrer uma reação em cadeia da fuga, espontaneamente, se desligaria em caso de acidente. *"Mesmo se a planta fosse arrasada, o nível de radiação de um quilômetro fora da cerca seria tão pequeno que a evacuação não seria necessária",* diz Farrokh Najmabadi, que dirige o Centro de Pesquisa de Energia da Universidade da Califórnia em San Diego. Embora a energia de fusão comercial tenha todas essas vantagens maravilhosas, ainda há um pequeno detalhe: ela não existe. Ninguém produziu ainda uma operação da planta de fusão. Mas os físicos estão cautelosamente otimistas. *"Uma década atrás, alguns cientistas questionaram se a fusão fosse possível, mesmo em laboratório. Nós sabemos agora que a fusão vai funcionar. A questão é saber se é economicamente viável",* diz David E. Baldwin of General Atomics, que supervisiona um dos maiores reatores de fusão nos Estados Unidos, o DIII-D.

NIF-A Fusão por Laser

Tudo isso poderia mudar dramaticamente nos próximos anos. Várias abordagens estão sendo julgadas simultaneamente, e depois de décadas de largadas falsas, os cientistas estão convencidos de que, finalmente, vão atingir a fusão. Na França, há o Reator Termonuclear Experimental Internacional (ITER), apoiados por muitos países europeus, e pelos demais os Estados Unidos, Japão. E nos Estados Unidos, há o National Ignition Facility (NIF).

Eu tive a oportunidade de visitar o NIF à máquina de fusão a laser, e é uma visão colossal. Devido à estreita ligação com as bombas de hidrogênio, o reator é NIF tem a sua base no Laboratório Nacional Lawrence Livermore, onde estão os projetos de ogivas militares de hidrogênio. Eu tive que passar por muitas camadas de segurança para finalmente ganhar o acesso. Mas quando cheguei ao reator, foi uma experiência verdadeiramente incrível. Estou acostumado a ver lasers em laboratórios de universidades (na verdade, um dos maiores lasers de laboratório no Estado de Nova York está logo abaixo do meu escritório na Universidade da Cidade de Nova York), mas ver o NIF foi algo esmagador. É abrigado em um prédio de dez andares do tamanho de três campos de futebol, com 192 gigantes feixes de laser que estavam sendo disparados por um túnel longo. É o maior sistema de laser do mundo, entrega sessenta vezes mais energia do que qualquer um anterior. Após estes feixes de laser ser disparados por este túnel longo, que, eventualmente, acertam uma série de espelhos que concentram cada feixe em um alvo do tamanho de uma cabeça de alfinete, composta de

deutério e trítio (dois isótopos do hidrogênio). Incrivelmente, a 500 trilhões de watts de potência do laser é focalizada sobre uma bolinha pequena que quase não é visível a olho nu, chamuscando-a para 100 milhões de graus, muito mais quente que o centro do sol. (A energia do pulso colossal que é equivalente à saída de meio milhão de centrais nucleares em um breve instante). A superfície da bola microscópica é rapidamente vaporizada, que desencadeia uma onda de choque que recolhe a bola e amplia o poder da fusão. Foi concluído em 2009, e atualmente está em fase de testes. Se tudo correr bem, pode ser a primeira máquina a criar mais energia do que consome.

Embora esta máquina não fosse projetada para produzir energia elétrica comercial, e sim projetada para mostrar que o laser pode ser focalizado para aquecer hidrogênio e produzir energia líquida. Eu conversei com um dos diretores da instalação NIF, Edward Moses, sobre suas esperanças e sonhos para o seu projeto. Vestindo um capacete, ele parecia mais um trabalhador da construção civil do que um mestre em física nuclear a cargo do maior laboratório de laser do mundo. Ele me confessou que no passado houve inúmeros falsos começos. Mas este, ele acreditava, era a coisa real: ele e sua equipe estavam prestes a realizar uma conquista importante, que vai entrar nos livros de história, o primeiro a capturar o poder pacificamente do Sol sobre a Terra. Conversando com ele, você percebe como projetos como o NIF são mantidos vivos pela paixão e energia de seus fiéis. Ele saboreou o dia, ele me disse, que quando ele poderia convidar o presidente dos Estados Unidos para este laboratório para anunciar que a história tinha acabado de ser escrita. Mas desde o início, o NIF teve um mau começo. (Até mesmo coisas estranhas têm acontecido, como quando o antigo diretor adjunto do NIF, Michael E. Campbell foi forçado a renunciar em 1999, quando foi revelado que ele mentiu sobre a conclusão de um doutorado em Princeton.) Então a data de conclusão, inicialmente prevista para 2003, começou a deslizar. Os custos incharam, pularam de US$ 1 bilhão para US$ 4 bilhões. Foi finalmente concluído em Março de 2009, seis anos mais tarde. O diabo, dizem, está nos detalhes. Na fusão a laser, por exemplo, estes 192 feixes de laser gigantes tem que acertar a superfície de uma pequena bolinha com a máxima precisão, para que ela imploda uniformemente. As vigas devem bater essa meta dentro de minúsculos 30 trilhões de um segundo uma da outra. O menor desvio dos feixes de laser ou irregularidade do sedimento significa que a bolinha vai aquecer assimetricamente, fazendo com que sopre para o lado ao invés de implodir esfericamente.

Se o sedimento ficar irregular por mais de 50 nanômetros (ou cerca de 150 átomos), a bolinha vai também falhar em implodir uniformemente. (Isso é como tentar jogar um baseball dentro da zona de golfe a partir de uma distância de 350 milhas.) Assim, o alinhamento dos feixes de laser e uniformidade do sedimento são os principais problemas que enfrentam o laser de fusão. Além do NIF, a União Europeia está apoiando a sua própria versão da fusão á laser. O reator será construído no High

Power Laser Energy Research Facility (HIPER), e é menor, mas talvez seja mais eficiente do que o NIF. A construção do HIPER começa em 2011.

Há esperanças de se passear em muitos NIF. No entanto, se a fusão a laser não funcionar como o esperado, há outra, uma proposta ainda mais avançada para o controle de Fusão: colocar o sol em uma garrafa.

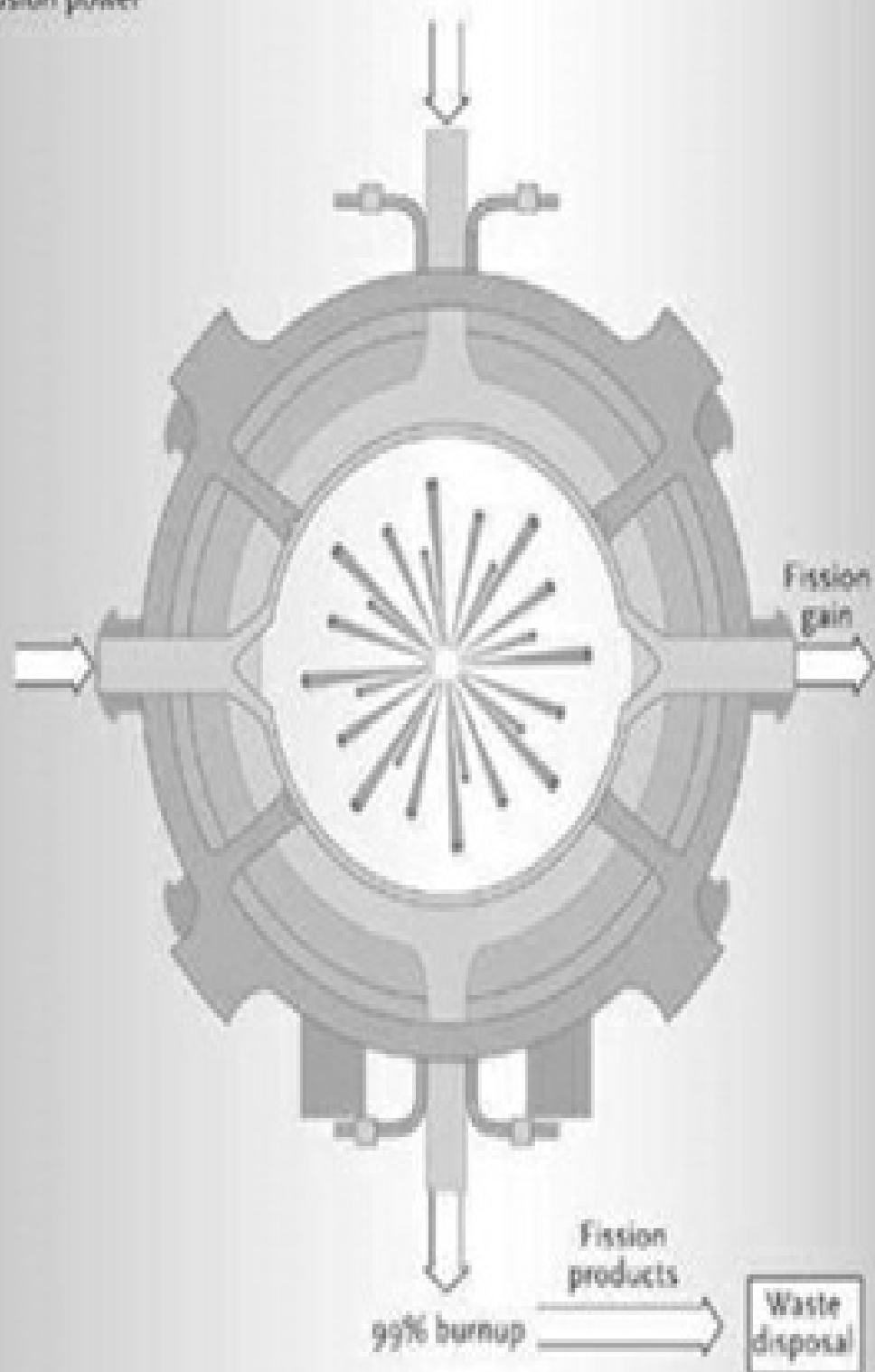
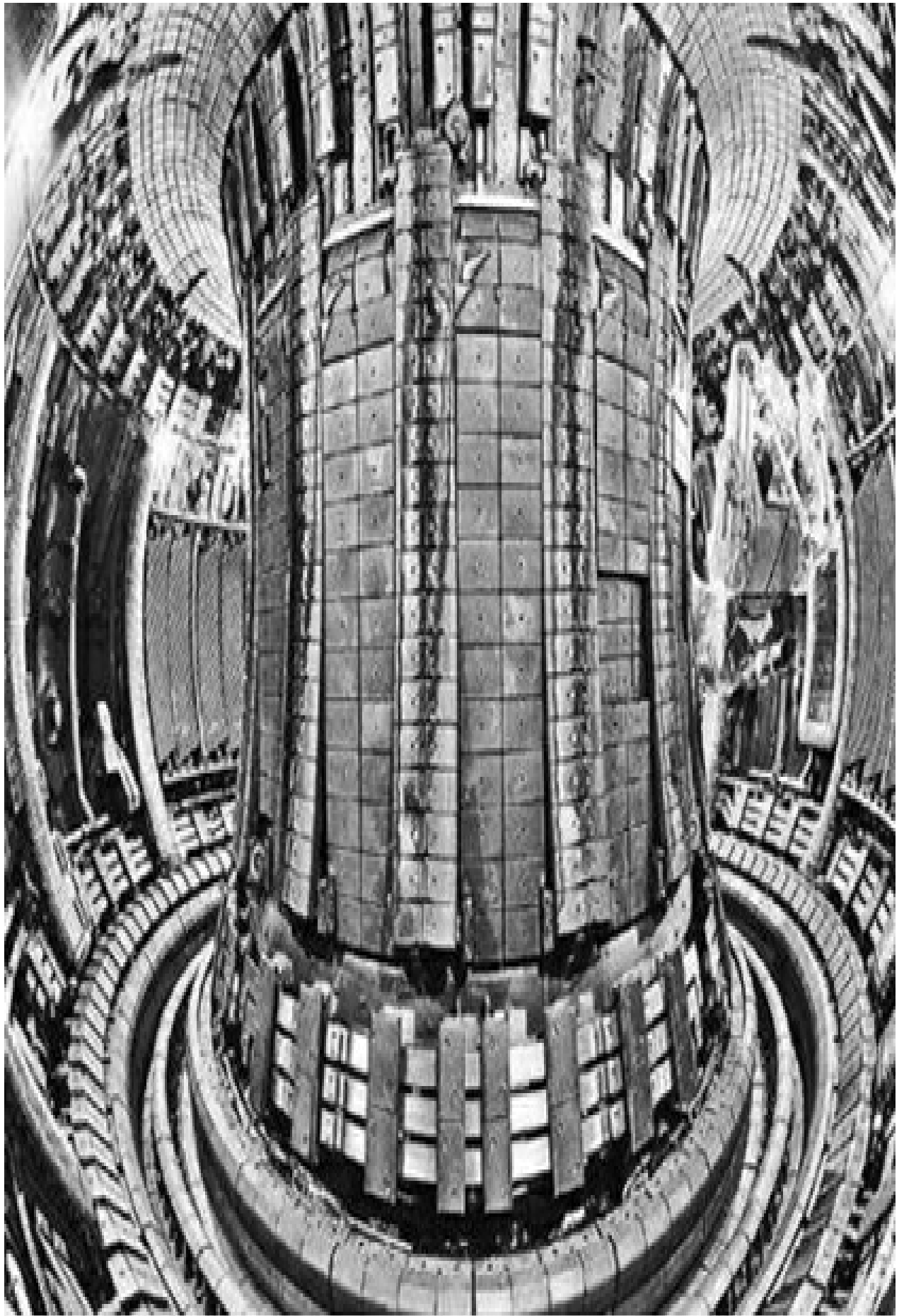
Iter-A Fusão de um Campo Magnético

No entanto, outro projeto está sendo explorado em França. O Reator Termonuclear Experimental Internacional (ITER) usa enormes campos magnéticos para conter gases quentes de hidrogênio. Em vez de usar lasers para causarem o imediato colapso minúsculo da bola de material rica em hidrogênio, o ITER usa um campo magnético para comprimir lentamente o gás hidrogênio. A máquina se parece muito com aquelas rosquinhas enormes ocas feitas de aço, como bobinas magnéticas ao redor do buraco da rosquinha. O campo magnético mantém o gás de hidrogênio no interior da câmara em forma de rosquinha impedindo-a de escapar. Então uma corrente elétrica é enviada para perfurar o gás, aquecendo-o.

A combinação da compressão do gás com o campo magnético e envio de uma corrente de afluência através dela faz com que o gás se aqueça a muitos milhões de graus. A ideia de usar uma "garrafa magnética" para criar a fusão não é nova. Ela remonta à década de 1950, na verdade. Mas por que demorou tanto, com tantos atrasos, a comercialização da energia de fusão? O problema é que o campo magnético tem de ser ajustado precisamente para que o gás seja comprimido uniformemente sem abalamentos ou sem se tornar irregular. Pense que você tem um balão e que você tente comprimi-lo com as mãos para que o balão fique uniformemente comprimido. Você vai descobrir que o balão contrai para fora das falhas entre as mãos, fazendo uma compressão uniforme quase impossível. Então o problema é de instabilidade e não de física, mas o problema é sim, de engenharia. Isso parece estranho, porque as estrelas facilmente comprimem o gás de hidrogênio, criando os trilhões de estrelas que vemos no nosso universo. A Natureza, ao que parece, sem esforço e cria as estrelas no céu, então por que não podemos fazê-lo na Terra? A resposta fala com uma diferença simples, mas profunda entre a gravidade e o eletromagnetismo.

A gravidade, como demonstrada por Newton, é estritamente atraente. Assim, em uma estrela, a gravidade do gás hidrogênio comprime-a uniformemente em uma esfera. (É por isso que as estrelas e os planetas são esféricos e não cúbicos ou triangulares) Mas cargas elétricas vêm em dois tipos. Positivos e negativos. Se uma recolhe e acusa uma carga negativa, elas se repelem e dispersam em todas as direções. Mas se alguém traz uma carga positiva e negativa junto, você recebe o que é chamado de "dipolo" com um complicado conjunto de linhas de campo elétrico semelhantes a

uma teia de aranha. Da mesma forma, os campos magnéticos formam um dipolo, daí apertando o gás quente uniformemente dentro de uma câmara em forma de rosquinha é uma tarefa extremamente difícil. É preciso um supercomputador, de fato, a trama dos campos magnéticos e elétricos provenientes de uma simples configuração de elétrons. Tudo se resume a isso. A gravidade atrai e pode comprimir o gás uniformemente em uma esfera. As estrelas podem se formar sem esforço. Mas é tanto o eletromagnetismo tanto atrai quanto expulsa, de modo gases são empurrados para fora, de forma complexa quando é comprimido, fazendo a fusão controlada ser extremamente difícil. Este é o problema fundamental que tem desafiado os físicos há cinquenta anos.

Fusion Reactor
350–500 megawatts
of fusion power
Fission
gain
Fission
products
99% burnup
Waste
disposal

Até agora. Os físicos afirmam agora que o ITER finalmente deu certo nas torções no problema de estabilidade com confinamento magnético. O ITER é um dos maiores projetos científicos internacionais nunca antes tentados. O coração da máquina consiste de uma câmara de metal em forma de rosquinha. Ao todo, ele vai pesar 23.000 toneladas, ultrapassando em muito o peso da torre Eiffel, que pesa apenas 7.300 toneladas.

***Dois tipos de fusão. Na esquerda, lasers comprimem uma bolinha de rica em material- de hidrogênio. À direita, o campo magnético comprime um gás contendo o hidrogênio. Pela metade do século, o mundo pode descobrira origem da fusão.**

Os componentes são tão pesados que as estradas que transportam os equipamentos terão que ser modificadas. Um grande comboio de caminhões vão transportar os componentes, com a mais pesada pesando 900 toneladas e sendo a maior quanto quatro andares. A construção do ITER será uma narrativa histórica e sentar-se numa enorme plataforma do tamanho de sessenta campos de futebol. É projetado para custar 10 bilhões de euros, um custo compartilhado por sete Estados membros (da União Europeia, os Estados Unidos, China, Índia, Japão, Coréia e Rússia). Quando finalmente for disparado para cima, vai aquecer o gás de hidrogênio a 270 milhões de graus centígrados, superando os 27 milhões de graus Fahrenheit encontrados no centro do sol. Se tudo correr bem, irá gerar 500 megawatts de energia, que é dez vezes a quantidade de energia indo inicialmente no reator. (O registro atual de energia de fusão é de 16 megawatts, criado pelo europeu JET (Joint European Torus), reator da Ciência Culham Center, em Oxfordshire, no Reino Unido). Após alguns atrasos, a data prevista para o ponto de equilíbrio agora está definido para ser 2019.

O ITER é ainda apenas um projeto de ciências. Ele não foi projetado para produzir energia comercial. Mas os físicos já estão preparando o terreno para as próximas etapas, tendo em energia de fusão para o mercado. Farrokh Najmabadi, que lidera um grupo de trabalho procurando em projetos comerciais para as plantas de fusão, tem em proposta o ÁRIESAT, uma máquina menor pequena do que o ITER, que iria produzir um bilhão de watts por cerca de 5 centavos por quilowatt / hora, tornando-o competitivo com combustíveis fósseis. Mas mesmo Najmabadi, que está otimista sobre fusão, admite que a fusão não esteja pronta para a comercialização generalizada até o meio do século. Outro projeto comercial é o reator de fusão DEMO.

Embora o ITER seja projetado para produzir 500 megawatts por um período mínimo de 500 segundos, o DEMO será projetado para produzir energia continuamente. O DEMO acrescenta uma etapa extra que falta ao ITER. Quando a fusão ocorre, um nêutron extra se forma que rapidamente escapa da câmara. No entanto, é possível cercar a câmara com um revestimento especial, chamado de cobertor, especificamente projetado para absorver a energia destes nêutrons. O cobertor em seguida, se aquece. Agita-se dentro do cobertor que leva a água, que depois ferve. Esse vapor é enviado contra as pás de uma turbina que gera eletricidade. Se tudo correr bem, o Demo será disponibilizado em 2033. Serão 15 por cento maiores do que o reator ITER. O DEMO vai produzir 25 vezes mais energia do que consome. Ao todo, o DEMO é esperado para produzir 2 bilhões de watts de potência, tornando-o comparável ao de uma usina

convencional. Se a planta do DEMO for bem sucedida, poderia levar à rápida comercialização dessa tecnologia. Mas muitas incertezas permanecem. O reator ITER já garantiu o financiamento necessário para a construção. Mas desde que o reator DEMO ainda está em sua fase de planejamento, os atrasos são de se esperar.

Os cientistas de fusão finalmente admitem, que depois de décadas de exageros e fracassos, eles acreditam que a fusão estará ao alcance das mãos. Não um, mas dois projetos (NIF e do ITER), poderão eventualmente levar eletricidade de fusão para a sala de estar. Mas como nem NIF e nem o ITER ainda sequer foram entregues á energia de fusão comercial, ainda há espaço para a fusão inesperada, como a de mesa e da fusão de bolha.

Fusão de Mesa

Como as apostas são tão altas, também é importante reconhecer a possibilidade de resolver o problema de uma direção totalmente diferente, e inesperada. Porque a fusão é um processo tão bem definido, várias propostas foram feitas que estejam fora do mainstream habitual de financiamento em grande escala, mas que ainda tem algum mérito. Em particular, algumas delas poderão um dia alcançar a fusão em uma mesa.

Na cena final do filme *Back to the Future*, *Doc. Brown*, o cientista louco, é visto lutando para conseguir combustível para seu *DeLorean* sua máquina do tempo. Em vez de abastecer com gasolina, ele procura no lixo cascas de banana e latinhas depois despeja tudo em uma vasilha pequena chamada de *Mr. Fusion*. Dada uma centena de anos, será mesmo possível que algum projeto de fuga, possa reduzir máquinas do tamanho de vários campos de futebol que são enormes para o tamanho de uma cafeteira, como no filme?

Uma séria possibilidade para a fusão de mesa é chamado sono luminescência, que usa o colapso súbito de bolhas para libertar as temperaturas bolhas. Às vezes é chamado de fusão sonora ou fusão de bolha. Este efeito curioso já é conhecido há décadas, remontando a 1934, quando cientistas da Universidade de Colônia estavam experimentando com ultrassom e filme fotográfico, com a esperança de acelerar o processo de desenvolvimento. Eles notaram pequenos pontos no filme, causada por flashes de luz gerados pelo ultrassom a criação de bolhas no fluido. Mais tarde, os Nazistas notaram que as bolhas emitidas a partir de suas pás da hélice, muitas vezes brilhava, indicando que as altas temperaturas foram de alguma forma sendo produzidas dentro das bolhas. Posteriormente, foi demonstrado que essas bolhas foram brilhando intensamente, porque caiam de forma uniforme, assim, que se comprimisse o ar na bolha a altas temperaturas. A fusão quente, como vimos anteriormente, é esmagada pela compressão desigual de hidrogênio, ou porque o laser atingir a "bolinha" de

combustível estão desalinhadas ou o gás está sendo espremido de forma irregular. Como uma bolha encolhe, o movimento das moléculas é tão rápido que a pressão do ar dentro da bolha rapidamente torna-se uniforme ao longo das paredes da bolha. Em princípio, se pode desmoronar de uma bolha em condições tão perfeitas, podendo-se assim alcançar a fusão.

Os experimentos na Sono luminescência produziram com sucesso temperaturas de dezenas de milhares de graus. Usando gases nobres, pode-se aumentar a intensidade da luz emitida por essas bolhas. Mas há alguma controvérsia sobre se eles podem atingir temperaturas elevadas o suficiente para produzir fusão nuclear. A controvérsia decorre do trabalho de Rusi Taleyarkhan, anteriormente do Laboratório Nacional Oak Ridge, que afirmou em 2002 que ele foi capaz da realização da fusão com o seu dispositivo de fusão sonora. Ele alegou ter detectado nêutrons de seu experimento, um sinal claro de que a fusão nuclear estava ocorrendo.

No entanto, após anos de trabalho por outros pesquisadores que não conseguiram reproduzir o seu trabalho, esse resultado, por enquanto, tem sido desacreditado. Ainda outra cartada é a máquina de fusão de Philo Farnsworth, o co-inventor anônimo da TV. Quando ele era uma criança, Farnsworth originalmente teve a ideia da invenção da TV pensando na forma de como um agricultor ara os seus campos, linha após linha. Ele ainda esboçou os detalhes de seu protótipo na idade de quatorze anos. Ele foi o primeiro a transferir essa ideia para um aparelho totalmente eletrônico, capaz de captar imagens em movimento em uma tela. Infelizmente, ele foi incapaz de capitalizar sobre o marco de sua invenção e foi envolvido em longas e confusas brigas de patentes com a RCA. Suas batalhas judiciais ainda o deixariam maluco, e ele voluntariamente se internou em um manicômio. Seu trabalho pioneiro na TV passou despercebido.

Mais tarde, ele voltou sua atenção para o Fusor, um dispositivo pequeno de mesa que pode realmente gerar nêutrons por meio da fusão. É constituído por duas grandes esferas, uma dentro da outra, cada uma composta por uma malha de arame. A malha externa é carregada positivamente, enquanto a malha interna é carregada negativamente, e prótons que são injetados através desta malha são repelidos pela malha exterior e atraída para a malha interna. Os prótons, em seguida, colidiriam com uma bolinha que fosse rica em hidrogênio no meio, e se daria a criação da fusão e uma explosão de nêutrons. O design é tão simples que até mesmo estudantes universitários poderiam ter feito o que Richter, Pons e Fleischmann não conseguiram fazer: gerar nêutrons com sucesso. No entanto, é improvável que esse dispositivo produza energia utilizável. O número de prótons, que são acelerados é extremamente pequeno e, portanto, a energia resultante deste dispositivo é muito pequena.

Na verdade, também é possível produzir a fusão em uma mesa com um smasher de átomo normal ou acelerador de partículas. O smasher de átomo é mais complicado do que um Fusor, mas também pode ser usado para acelerar prótons a fim de que eles

possam colidir em um destino rico em hidrogênio e criar a fusão. Mas, novamente, o número de prótons, que são fundidos são tão pequenos que este é um dispositivo prático. Assim, ambos o Fusor e o átomo smasher e podem atingir a fusão, mas eles são simplesmente muito ineficientes e seus raios são muito finos para produzir alguma energia utilizável. Em face dos riscos enormes, sem dúvida, outros cientistas e engenheiros terão a chance de transformar suas engenhocas do porão para a próxima mega invenção.

A Era do Magnetismo

O século passado foi a era da eletricidade. Porque os elétrons são tão facilmente manipulados, isto abriu tecnologias inteiramente novas, fazendo o rádio se tornar possível, a TV, os computadores, lasers, ressonância magnética, etc. Mas em algum momento deste século, é provável que os físicos fossem encontrar o seu Santo Graal: a temperatura ambiente supercondutora. Isso dará início a uma era inteiramente nova, a idade do magnetismo.

Imagine andar em um carro magnético, pairando acima do solo e viajando a centenas de quilômetros por hora, usando quase nenhum combustível. Imagine trens e mesmo as pessoas que viajariam no ar, flutuando sobre o magnetismo. Esquecemos que as maiorias da gasolina que usamos em nossos carros iriam superar o atrito. Em princípio, ele leva quase nenhuma energia para andar de São Francisco para New York City. O principal motivo desta viagem consome centenas de dólares de gasolina é porque você tem que vencer o atrito das rodas na estrada e a fricção do ar. Mas se você pudesse de alguma forma cobrir a estrada de San Francisco a Nova York com uma camada de gelo, você poderia simplesmente esquiar de forma quase de graça. Da mesma forma, as nossas sondas espaciais pode subir além de Plutão, com apenas alguns litros de combustível, dado que costa no vácuo do espaço. Da mesma forma, um carro magnético que flutua acima do chão, se simplesmente soprar no carro, e o carro começaria a se mover.

A chave para esta tecnologia é os supercondutores. Sabe-se desde 1911 que o mercúrio, quando resfriado a quatro graus (Kelvin) acima do zero absoluto, perde toda a resistência elétrica. Isto significa que os fios supercondutores não têm qualquer perda de energia, uma vez que falta qualquer resistência. (Isso é porque os elétrons movendo-se através de um fio perdem energia à medida que colidem com os átomos. Mas, perto do zero absoluto, esses átomos estão quase em repouso, por isso os elétrons podem deslizar facilmente através deles sem perder energia). Estes supercondutores têm propriedades estranhas, mas maravilhosas, mas uma desvantagem é que você tem de resfriá-los para perto do zero absoluto com hidrogênio líquido, que é muito caro.

Portanto, os físicos estavam em estado de choque em 1986, quando foi anunciado que uma nova classe de supercondutores foi encontrada, que não precisariam ser resfriadas a estas temperaturas fantasticamente baixas. Ao contrário dos materiais anteriores, como o mercúrio ou chumbo, estes eram os supercondutores cerâmicos, que se pensava ser candidatos improváveis para supercondutores, e tornaram-se supercondutores a 92 graus (Kelvin) acima do zero absoluto. É constrangedor, eles se tornaram supercondutores a uma temperatura que antes foi pensada ser teoricamente impossível. Até agora, o recorde mundial para estes novos supercondutores cerâmicos é de 138 graus (Kelvin) acima do zero absoluto (ou -211 ° F). Isto é significativo, uma vez que nitrogênio líquido (que custa tão pouco como o leite) forma em 77 ° K (-321 ° F) e, portanto, pode ser usada para resfriar estas cerâmicas. Este fato por si só reduziu drasticamente os custos de supercondutores. Então, esses supercondutores de alta temperatura têm aplicações práticas imediatas. Mas esses supercondutores cerâmicos têm apenas aguçado o apetite dos físicos. Eles estão a um passo gigantesco na direção certa, mas eles ainda não são suficientes. Primeiro, embora o nitrogênio líquido seja relativamente barato, você ainda tem que ter algum equipamento de refrigeração para resfriar o nitrogênio. Em segundo lugar, essas cerâmicas sendo difícil de moldar em fios. Terceiro, os físicos ainda estão perplexos com a natureza destas cerâmicas. Depois de várias décadas, os físicos não são muito bem como eles trabalham. As teorias quânticas dessas cerâmicas são muito complicadas para resolver neste momento, ninguém sabe por que elas se tornam supercondutoras. Os físicos estão perdidos. Há um Prêmio Nobel de espera para o indivíduo empreendedor que possa explicar esses supercondutores de alta temperatura. Mas cada físico sabe o tremendo impacto que um supercondutor de temperatura ambiente teria. Ele poderia desencadear uma nova revolução industrial. Os supercondutores a temperatura do quarto não requer nenhum equipamento de refrigeração, para que eles pudessem criar campos magnéticos permanentes de enorme poder. Por exemplo, se a eletricidade está fluindo dentro de um loop de cobre, ele dissipa sua energia dentro de uma fração de segundo devido à resistência do fio. No entanto, experiências têm mostrado que a eletricidade dentro de um loop supercondutor pode permanecer constante por anos a fio. A evidência experimental aponta para uma vida útil de 100.000 anos para as correntes dentro de uma bobina supercondutora. Algumas teorias sustentam que o limite máximo para tal corrente elétrica em um supercondutor é a vida do universo conhecido em si. No mínimo, tais supercondutores poderiam reduzir os resíduos encontrados em cabos de alta tensão elétrica, reduzindo assim o custo da eletricidade. Uma das razões de uma usina elétrica ter que estar tão perto de uma cidade é por causa das perdas nas linhas de transmissão. É por isso que as centrais nucleares são tão próximas das cidades, o que representa um perigo para a saúde, e por usinas eólicas que não podem colocadas em áreas com o máximo de vento. Até 30 por cento da eletricidade gerada por uma usina elétrica pode ser desperdiçada na transmissão. A temperatura ambiente dos fios

supercondutores poderiam mudar tudo isso, salvando assim de forma significativa nos custos elétricos e na poluição. Isso também poderia ter um profundo impacto sobre o aquecimento global. Desde que o mundo esteja produzindo o dióxido de carbono, ele está estreitamente relacionado à utilização de energia, sendo que a maioria dessa energia é desperdiçada para superar a fricção, a era do magnetismo poderia permanentemente reduzir o consumo de energia e a produção de dióxido de carbono.

O Carro e o Trem Magnético

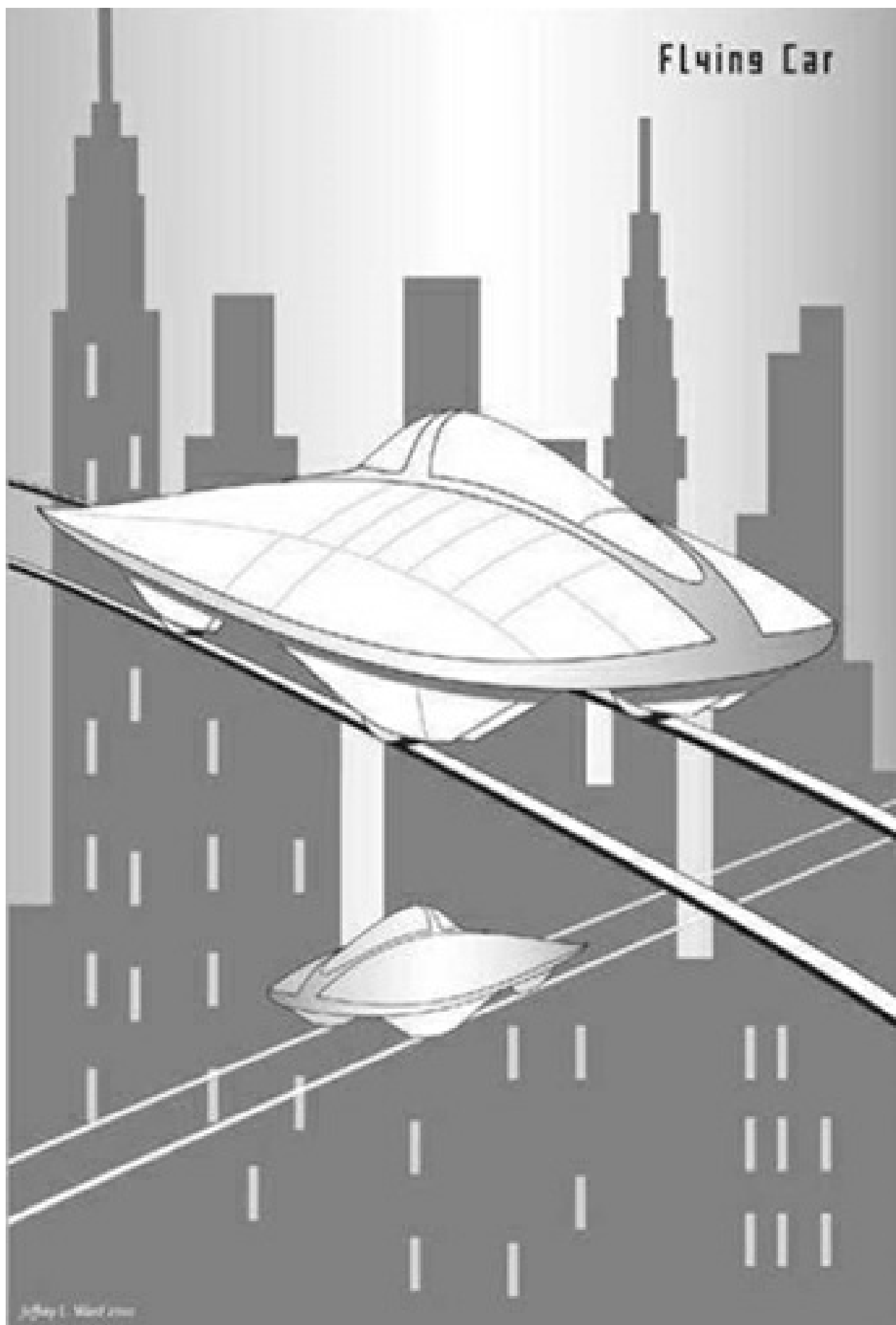
Sem qualquer entrada extra de energia, os supercondutores a temperatura ambiente pode produzir supermagnetos capazes de levantar trens e carros, para que pairem acima do chão. Uma simples demonstração de esse poder pode ser feita em qualquer laboratório. Já fiz isso várias vezes para a BBC-TV e para o Canal Ciência. É possível para um pequeno pedaço de supercondutores de alta temperatura de cerâmica a partir de uma fonte da companhia científica. É uma cerâmica cinza resistente, de cerca de um centímetro de tamanho. Em seguida, você pode comprar algum nitrogênio líquido de uma empresa de abastecimento de produtos lácteos. Você colocar a cerâmica em um prato de plástico e derramar delicadamente o nitrogênio líquido sobre ele. O nitrogênio começa a ferver furiosamente enquanto bate na cerâmica. Aguarde até que o nitrogênio ferva, e coloque um pequeno ímã em cima da cerâmica. Magicamente, o magneto flutua no ar. Se tocar o ímã, ele começa a girar por si só. Nesse pequeno prato, você pode estar olhando para o futuro do transporte em todo o mundo. A razão pela qual o magneto flutua é simples. As linhas de força magnética não podem penetrar um supercondutor. Este é o efeito Meissner. (Quando um campo magnético é aplicado a um supercondutor, uma pequena corrente elétrica da forma atual sobre a superfície e o cancela, de modo que o campo magnético é expelido do supercondutor.) Quando você coloca o ímã no topo do seu grupo de cerâmica de campo, as linhas acima, uma vez que não pode passar através da cerâmica. Isto cria um "colchão" de linhas de campo magnético, que são todas espremidas, empurrando assim o ímã de distância da cerâmica, fazendo-o flutuar.

Os supercondutores de temperatura ambiente também podem inaugurar uma era de supermagnetos. Os aparelhos de ressonância magnética, como vimos, são extremamente úteis, mas requerem grandes campos magnéticos. Os supercondutores a temperatura ambiente vão permitir aos cientistas criar enormes campos magnéticos mais baratos. Isso no futuro permitirá a miniaturização dos aparelhos de ressonância magnética. Já, usando campos magnéticos não uniformes, os aparelhos de ressonância magnética cerca de um pé de altura poderão ser criados. Com supercondutores de temperatura ambiente, poderá ser possível reduzi-las ao tamanho das teclas. No filme

Back to the Future Part III, *Michael J. Fox* foi filmado montando numa prancha, um skate que flutuava no ar. Após a estreia no cinema, as lojas foram inundadas com chamados de crianças pedindo para comprar a prancha. Infelizmente, hoverboards não existem, mas podem se tornar- possíveis com os supercondutores a temperatura ambiente.

Carros e Trens Magnéticos

Uma simples aplicação de supercondutores de temperatura ambiente seria revolucionar o transporte, a introdução de carros e trens que flutuam acima do solo e assim, moverem-se sem qualquer atrito. Imagine andar em um carro que utiliza supercondutores a temperatura ambiente. As estradas seriam feitas de supercondutores, em vez de asfalto. O carro teria quer conter um ímã permanente ou gerar um campo magnético através de um supercondutor de si próprio. O carro iria flutuar. Até o ar comprimido seria o suficiente para fazer o carro ir. Uma vez em movimento, iria se locomover quase para sempre, se a estrada fosse plana. Um motor elétrico ou jato de ar comprimido seria necessário apenas para superar o atrito do ar, o que seria o arrasto que só o carro enfrenta. Mesmo sem os supercondutores a temperatura ambiente, vários países produziram trens de levitação magnética (maglev) que pairam acima de um conjunto de trilhos contendo ímãs. Uma vez que os polos norte dos ímãs repelem outros polos norte, os ímãs são dispostos de modo que a parte inferior do trem contenha ímãs que lhes permitem flutuar acima dos trilhos.

Flying Car

***Os supercondutores a temperatura ambiente e poderão um dia nos dar carros e trens flutuantes. Estes podem flutuar sobre trilhos ou em pavimentos supercondutores, sem atrito.**

A Alemanha, Japão e China são líderes nessa tecnologia. Os trens maglev sequer definir alguns recordes mundiais. O primeiro trem maglev comercial foi à baixa velocidade de comboio que decorreu entre Aeroporto Internacional de Birmingham e da Estação Ferroviária Internacional de Birmingham em 1984. A maior velocidade registrada de um maglev era de 361 quilômetros por hora, gravado no Japão no trem MLX01 em 2003. (Aviões a jato podem voar mais rápido, em parte porque há menos resistência do ar em altas altitudes. Uma vez que um trem maglev flutua no ar, na maior parte de sua perda de energia é em forma de atrito do ar. No entanto, se um trem maglev operasse numa câmara de vácuo, ele poderia viajar tão rápido quanto a 4.000 milhas por hora.) Infelizmente, os custos econômicos dos trens maglev os impediram de proliferar ao redor do mundo. Os supercondutores a temperatura ambiente poderão mudar tudo isso. Isso também poderia revitalizar o sistema ferroviário nos Estados Unidos, reduzindo a emissão de gases de efeito estufa dos aviões. Estima-se que 2 por cento dos gases estufa vêm dos motores a jato, e com os trens maglev (magnéticos) isso reduziria esse montante.

A Energia do Céu

Até o final do século, outra possibilidade se abre para a produção de energia: a energia do espaço. Isso é chamado de energia solar espacial (SSP) e envolve enviando centenas de satélites espaciais em órbita ao redor da Terra, absorvendo a radiação do sol, e então irradiar esta energia para a Terra sob a forma de radiação de micro-ondas. Os satélites seriam baseados 22.000 milhas acima da Terra, onde eles se tornam geoestacionária, em torno da terra o mais rápido conforme a Terra gira. Porque há oito vezes mais luz solar no espaço do que na superfície da Terra, este apresenta uma possibilidade real. Atualmente, o principal obstáculo à SSP é o custo, principalmente o de lançamento destes coletores do espaço. Não há nada nas leis da física para prevenir coleta de energia diretamente do sol, mas é um enorme e engenharia problema econômico. Mas até o final do século, novas maneiras de reduzir o custo de viagem espacial podem colocar esses satélites espaciais ao seu alcance, como veremos no capítulo 6.

A primeira proposta séria para o espaço com base em energia solar foi feita em 1968, quando Peter Glaser, presidente da Sociedade Internacional de Energia Solar, propôs o envio de satélites do tamanho de uma cidade moderna para poder feixe para

baixo a terra. Em 1979, cientistas da NASA deram um olhar duro em sua proposta e estimou que o custo fosse de centenas de bilhões de dólares, o que matou o projeto. Mas por causa de constantes melhorias na tecnologia espacial, a NASA continuou a financiar estudos de pequena escala da SSP 1995-2003. Seus proponentes alegam que é apenas uma questão de tempo antes que a tecnologia e a economia da SSP torná-lo realidade. *"SSP oferece um verdadeiramente sustentável, escala global e fonte de eletricidade sem emissões de poluentes",* diz Martin Hoffert, um físico anteriormente na New York University.

Há enormes problemas que enfrentam um projeto tão ambicioso, real e imaginário. Algumas pessoas temem esse projeto porque a energia irradiada para baixo do espaço poderia acidentalmente atingir uma área populosa, criando enormes baixas. No entanto, esse temor é exagerado. Se calcularmos a radiação real que atinge a Terra do espaço, é pequena demais para causar qualquer perigo para a saúde. Assim, as visões de um satélite espacial enviando raios da morte para a Terra inteira para fritar cidades é o material de um pesadelo de Hollywood.

O escritor de ficção científica Ben Bova, escrevendo no Washington Post em 2009, estabeleceu a economia assustadora de um satélite de energia solar. Ele estima que cada satélite iria gerar 5-10 gigawatts de energia, muito mais do que uma usina convencional de carvão, e custou cerca de oito a dez centavos por quilowatt / hora, tornando-o competitivo. Cada satélite seria enorme, cerca de um quilômetro de diâmetro, e os custos cerca de um bilhão de dólares, aproximadamente o custo de uma usina nuclear. Dar a partida desta tecnologia pediu ao atual governo de criar um projeto de demonstração, o lançamento de um satélite que poderia gerar 1-10 megawatts. Hipoteticamente, poderia ser lançado no final do segundo mandato do presidente Barack Obama no cargo, caso os planos sejam iniciados agora.

Fazendo eco destas observações foi uma grande iniciativa anunciada pelo governo japonês. Em 2009, o Ministério do Comércio japonês anunciou um plano para estudar a viabilidade de um sistema de satélites espaciais de poder. A Electric Mitsubishi e outras empresas japonesas vão participar de um programa de US $ 10 bilhões e talvez lançamento de uma estação de energia solar para o espaço que vão gerar um bilhão de watts de potência. Vai ser enorme, cerca de 1,5 quilômetros quadrados de área, coberta de células solares.

"Parece um desenho animado de ficção científica, mas a geração de energia solar no espaço pode ser uma fonte significativa de energia alternativa no século à frente quando os combustíveis fósseis desaparecerem", disse Kensuke Kanekiyo do Instituto de Economia da Energia, uma organização de pesquisa do governo. Dada à magnitude deste ambicioso projeto, o governo japonês está cauteloso. Um grupo de pesquisa vai primeiro passar os próximos quatro anos a estudar a viabilidade científica e econômica do projeto. Se este grupo dá a luz verde, então os japoneses do Ministério do Comércio e da Indústria Aeroespacial Japonesa Plano de exploração da Agência de

lançar um pequeno satélite em 2015 para testar a energia radiante para baixo do espaço exterior. O grande obstáculo provavelmente não será científico, mas econômico. Hiroshi Yoshida de Excalibur KK, uma empresa de consultoria espaço em Tóquio, advertiu:

"Estas despesas precisam ser reduzidas para um centésimo das estimativas atuais. " Um problema é que estes satélites devem estar á 22 mil milhas no espaço, muito mais distante de satélites em órbitas quase-Terra de 300 milhas, então as perdas de transmissão poderiam ser enormes."

Mas o principal problema é o custo dos foguetes propulsores. Esse é o gargalo mesmo que tenha frustrado planos para voltar à Lua e explorar Marte. A menos que o custo de lançamento de foguetes caia significativamente, este plano terá uma morte tranquila. Otimista, o plano japonês poderia estar operacional em meados do século. No entanto, dado os problemas com foguetes propulsores, mais provavelmente o plano terá esperar para o final do século, quando as novas gerações de unidades de foguetes baixem o custo. Se o principal problema com os satélites solares é o custo, então a próxima pergunta é: Será que poderemos reduzir o custo das viagens espaciais a fim de que um dia possamos alcançar as estrelas?

Nós temos demorado tempo suficiente às margens do oceano cósmico. Estamos prontos para a última jornada com destino ás estrelas. - Carl Sagan

Capítulo 6

O Futuro das Viagens Espaciais: Em Direção às Estrelas

Em carros poderosos, os deuses da mitologia vagavam pelos campos celestes do Monte Olimpo. Nos poderosos navios Viking, os deuses nórdicos atravessaram os mares cósmicos para irem para Asgard. Da mesma forma, em 2100, a humanidade estará à beira de uma nova era da exploração espacial: alcançando as estrelas. As estrelas na noite, que parecem tão tentadoramente perto e tão distantes, estarão em foco nítido para os cientistas espaciais até o final do século. Mas o caminho para a construção de naves espaciais é pedregoso. A humanidade é como alguém cujos braços são estendidos para alcançar as estrelas, mas com os pés atolados na lama. Por um lado, este século vamos ver uma nova era para a exploração espacial robótica como enviar satélites para localizar os gêmeos a Terra no espaço, explorar as luas de Júpiter, e até mesmo tirar fotos do início do Big Bang. No entanto, o tripulado de exploração do espaço exterior, que tem encantado muitas gerações de sonhadores e visionários, será uma fonte de alguma desilusão.

Planetas Extras Solares

Uma das conquistas mais impressionantes do programa espacial tem sido a exploração robótica do espaço exterior, que expandiu enormemente o horizonte da humanidade. Dentre estas missões robóticas será a busca de planetas como a Terra no espaço que pode abrigar vida, que é o Santo Graal da ciência espacial. Até agora, os telescópios terrestres ter identificado cerca de 500 planetas que orbitam em sistemas de estrelas distantes, e novos planetas são descobertos na taxa de um planeta a cada uma ou duas semanas. A grande decepção, porém, é que os nossos instrumentos somente conseguem identificar gigantescos, planetas do tamanho de Júpiter que não podem sustentar a vida como a conhecemos.

Para encontrar os planetas, os astrônomos procuram pequenas oscilações no caminho de uma estrela. Estes sistemas solares alienígenas podem ser comparados a um haltere de fiação, onde as duas bolas giram em torno de si; um final representa a estrela, claramente visível por telescópio, enquanto o outro representa um planeta do tamanho de Júpiter, que é de cerca de um bilhão de vezes mais fraco. Como o sol e a rotação planeta do tamanho de Júpiter ao redor do centro do haltere, telescópios podem ver

claramente a oscilação da estrela. Este método, com sucesso, identificou centenas de gigantes gasosos no espaço, mas é muito cru para detectar a presença de minúsculos, planetas como a Terra. O menor planeta encontrado por esses telescópios terrestres foi identificado em 2010 e tem entre 3 a 4 vezes a massa de terra. Notavelmente, esta "SuperEarth" é o primeiro planeta a estar na zona habitável do seu dom, ou seja, na distância certa para ter água em estado líquido.

Tudo isso mudou com o lançamento do telescópio Kepler Mission em 2009 e do satélite Corot, em 2006. Estas sondas espaciais procuram pequenas flutuações na luz das estrelas, causado quando um planeta se move pequeno na frente da sua estrela, bloqueando sua luz por uma minúscula quantidade. Ao verificar cuidadosamente milhares de estrelas para olhar para estas pequenas flutuações, as sondas espaciais serão capazes de detectar talvez centenas de planetas como a Terra. Uma vez identificados, esses planetas podem ser rapidamente analisados para ver se eles contêm água em estado líquido, talvez o bem mais precioso no espaço. A água líquida é o solvente universal, a tigela aonde o primeiro DNA provavelmente chegou a decolar. Se oceanos de água líquida são encontrados nesses planetas, poderia alterar a nossa compreensão da vida no universo.

Jornalistas em busca de um escândalo, eles dizem: "*Siga o dinheiro*", mas os astrônomos que buscam por vida no espaço, dizem: "*Siga a água*". O satélite Kepler, por sua vez, será substituído por outros satélites, mais sensíveis, como o (Descobridor de Planeta Terrestre). Embora a data de lançamento para o Terrestrial Planet Finder foi adiada várias vezes, continua a ser o melhor candidato para promover os objetivos de Kepler. O Terrestrial Planet Finder vai usar lentes muito melhores para encontrar o gêmeo da Terra no espaço. Primeiro, ele terá um espelho quatro vezes maior e cem vezes mais sensível do que o Telescópio Espacial Hubble. Em segundo lugar, ele terá sensores infravermelhos que podem anular a intensa radiação de uma estrela por um fator de um milhão de vezes, revelando a presença do planeta que pode estar em órbita dela. (Ele faz isso tomando duas ondas de radiação da estrela e depois combiná-las com cuidado para que eles se anulem mutuamente, eliminando assim a presença indesejada de uma estrela). Assim, no futuro próximo, devemos ter uma enciclopédia de milhares de planetas, dos quais talvez algumas centenas fosse muito semelhantes à Terra em tamanho e composição. Isto, por sua vez, irá gerar mais interesse em um dia, enviar uma sonda a esses planetas distantes. Haverá um esforço intenso para ver se o gêmeo da Terra têm os oceanos de água líquida e se há alguma emissão de rádio a partir de formas de vida inteligentes.

Europa para fora da Zona Verde

Há também outro alvo tentador para nossas sondas no nosso sistema solar: Europa. Durante décadas, acreditou-se que a vida no sistema solar pudesse existir somente na "zona dos Cachinhos Dourados" em torno do sol, onde os planetas não são muito quentes ou muito frios para sustentar a vida. A Terra é abençoada com água líquida, pois órbita na distância certa do sol. A água líquida vai ferver em um planeta como Mercúrio, que está muito perto do sol, e irá congelar em um planeta como Júpiter, que é longe demais. Desde que a água líquida esteja lá, provavelmente, o fluído em que o DNA e as proteínas eram formados, por muito tempo, acreditava-se que a vida no sistema solar pode só existir na Terra, ou talvez em Marte. Mas os astrônomos estavam errados. Depois de a sonda Voyager passou muito longe das luas de Júpiter, tornou-se evidente que não havia outro lugar para a vida florescer: sob a cobertura de gelo das luas de Júpiter. A Lua Europa, uma das luas de Júpiter descobertos por Galileu em 1610, logo chamou a atenção dos astrônomos. Apesar de sua superfície está permanentemente coberta de gelo, debaixo do gelo que existe um oceano líquido. Porque o oceano é muito mais profundo sobre a lua Europa do que na Terra, o volume total do oceano de Europa é estimado em duas vezes o volume dos oceanos da Terra. Este foi um belo de um choque, percebendo que há uma fonte de energia abundante no sistema solar que não seja o dom Debaixo do gelo, a superfície da lua Europa está constantemente aquecida por forças de maré. Como diz a Europa cai em sua órbita ao redor de Júpiter, que a gravidade do planeta massivo aperta a lua em diferentes direções, criando atrito no fundo de seu núcleo. Este atrito gera calor, que por sua vez, derrete o gelo e cria um oceano de água líquida estável. Esta descoberta significa que, talvez, as luas dos gigantes gasosos distantes são mais interessantes que os próprios planetas. (Esta é provavelmente uma razão para que James Cameron escolheu a lua de um planeta do tamanho de Júpiter para o lugar do seu filme de 2009, Avatar.) Vida, que já foi pensada para ser muito rara, pode realmente florescer na escuridão do espaço nas luas dos gigantes gasosos distante. De repente, o número de lugares onde a vida possa florescer explodiu por muitas vezes. Como consequência desta descoberta notável, a lua Europa, de Júpiter foi criado o System Mission (EJSM) está agendada para lançamento em 2020. Ele é projetado a Europa e, eventualmente, a órbita da terra sobre ele. Além disso, os cientistas sonham em explorar a lua Europa, enviando até mesmo máquinas mais sofisticadas. Os cientistas têm considerado uma variedade de métodos para busca de vida sob o gelo. Uma possibilidade é o Europa Ice Clipper Missão, que cairia esferas na superfície gelada. A nuvem de plumas e restos emergentes de impacto do local, então, ser cuidadosamente analisada por uma nave espacial voando por ela. Um programa ainda mais ambicioso é o de colocar um submarino de controle remoto um hydrobot debaixo do gelo. O Interesse na lua Europa também tem sido alimentado por novos desenvolvimentos sob o oceano aqui na terra. Até a década de 1970, a maioria dos cientistas acreditava que o Sol fosse a única fonte de energia que poderia tornar a vida possível. Mas em 1977, o submarino *Alvin* encontrou evidências de novas

formas de vida próspera, onde ninguém suspeitava antes. Durante uma sondagem de uma Fissura na ilha Galápagos, encontrou vermes tubulares gigantes, moluscos, crustáceos, mariscos e outras formas de vida usando a energia térmica a partir de aberturas de vulcões para sobreviver. Onde há energia, pode haver vida, e essas aberturas de vulcão submerso, apresentaram uma nova fonte de energia na profunda escuridão do fundo do mar. De fato, alguns cientistas têm sugerido que o primeiro DNA não foi formado, em alguma associação da maré na costa da terra, mas no fundo perto de um vulcão submarino. Algumas das formas mais primitivas de DNA (e talvez a mais antiga) foram encontradas no fundo do oceano. Se assim fosse, então talvez o vulcão aberto na lua Europa possa fornecer a energia necessária para obter algo como o DNA. Só se pode especular sobre as possíveis formas de vida que podem formar sob o gelo da lua Europa. Se elas existirem, elas provavelmente serão criaturas que nadam usando um sonar, ao invés de luz, para fins de navegação, assim ver o seu do universo será limitada a viver sob o "céu" de gelo.

Lisa, antes do Big Bang

No entanto, outro satélite no espaço que poderia criar uma revolução no conhecimento científico é o Laser Interferometer Space Antenna (LISA) e seus sucessores. Estas sondas podem ser capazes de fazer o impossível: revelar o que aconteceu antes do big bang.

Atualmente, temos sido capazes de medir a taxa com que as galáxias distantes estão se afastando de nós. (Isto é devido ao efeito Doppler, onde a luz é distorcida se a estrela se move em sua direção ou vai para longe de você.) Isto nos dá a taxa de expansão do universo. Então, "executar o vídeo para trás", e calcular quando a explosão inicial ocorreu. Isto é muito similar à maneira que você pode analisar os destroços inflamados provenientes de uma explosão para determinar quando ocorreu a explosão. Isso é como nós determinamos que o big bang ocorresse á 13,7 bilhões de anos. O que é frustrante, porém, é que o satélite espacial atual, o WMAP (Wilkinson Microwave Anisotropy Probe), pode espiar o passado apenas para menos de 400.000 anos após a explosão original.

Portanto, nossos satélites podem nos dizer apenas que houve um estrondo, mas não pode nos dizer por que bateu que bateu, e que causou a explosão. É por isso que LISA está criando tanta excitação. LISA medirá um tipo inteiramente novo de radiação: ondas de gravidade a partir do instante do Big Bang. Cada vez que uma nova forma de radiação for aproveitada, ela mudou a nossa visão de mundo. Quando telescópios ópticos foram utilizados pela primeira vez por Galileu para mapear os planetas e as estrelas, eles abriram a ciência da astronomia. Quando os radiotelescópios foram

aperfeiçoados logo após a Segunda Guerra Mundial, revelaram um universo explodindo de estrelas e buracos negros. E agora a terceira geração de telescópios, que podem detectar ondas gravitacionais, poderá ampliar ainda mais a vista de tirar o fôlego, o mundo da colisão de buracos negros, dimensões superiores, e até mesmo um multiverso.

Provisoriamente, a data de lançamento está sendo preparada para entre 2018 e 2020. LISA é composta por três satélites que formarão um triângulo gigantesco 3.000 mil milhas de diâmetro, conectado por três feixes de laser. Será o instrumento de maior espaço já em órbita. Qualquer onda gravitacional do Big Bang continuará reverberando em todo o universo. Esta perturbação vai mudar os feixes de laser e, em seguida sensores vão registrar a frequência e características do distúrbio. Desta forma, os cientistas devem ser capazes de obter dentro de um trilionésimo de segundo após o estrondo grande original. (De acordo com Einstein, o espaço-tempo é como um tecido que pode ser curvado e alongado. Se houver uma perturbação grande, como colisão de buracos negros ou o big bang, então as ondulações podem se formar e viajar sobre este tecido. Estas ondas, ou ondas de gravidade, são pequenas demais para detectar a utilização de instrumentos comuns, mas Lisa é sensível e grande o suficiente para detectar vibrações causadas por essas ondas de gravidade).

Não somente LISA vai ser capaz de detectar radiação de colisão de buracos negros, ele também pode ser capaz de perscrutar a era pré-big bang, que se pensava ser impossível. Atualmente, existem várias teorias da época pré-big bang provenientes da teoria de cordas, que é a minha especialidade. Em um cenário, nosso universo é uma grande bolha de uma espécie que está em contínua expansão. Nós vivemos na pele dessa bolha gigante (que está presa na bolha como moscas no desdobrável). Mas a nossa bolha universo coexiste em um oceano de universos de outras bolhas, que compõem o multiverso de universos, como um banho de espuma. Ocasionalmente, essas bolhas podem colidir (dando-nos o que é a chamada teoria splat grande) ou podem fundir em bolhas menores e expandir (dando-nos o que se chama eterna inflação). Cada uma dessas teorias pré-big bang prevê como o universo deve liberar momentos radiação gravidade após a explosão inicial. LISA pode em seguida, medir a radiação emitida gravidade após o Big Bang e compará-lo com as várias previsões da teoria das cordas. Desta forma, LISA pode ser capaz de excluir algumas dessas teorias. Mas mesmo que Lisa não seja sensível o suficiente para executar esta tarefa delicada, talvez a próxima geração de detectores além de LISA (como o Observador Big Bang) poderão cumprir a tarefa. Se bem sucedidas, estas sondas espaciais podem responder a pergunta que tem desafiado a explicação por séculos: *De onde é que o universo originalmente vem?* Assim no curto prazo, revelando a origem do Big Bang pode ser uma possibilidade distinta.

As Missões Tripuladas ao Espaço

Enquanto missões robóticas irão continuar a abrir novas perspectivas para a exploração espacial, a missões tripuladas vão enfrentar obstáculos muito maiores. Isto porque, em comparação com missões tripuladas, missões robóticas são baratas e versáteis, podem explorar ambientes perigosos, não requerem suportes caros de vida e o mais importante, eles não precisam voltar.

Já em 1969, parecia que nossos astronautas estavam prontos para explorar o sistema solar. Neil Armstrong e Buzz Aldrin tinham caminhado na lua, e a gente já estava sonhando em ir a Marte e além. Parecia que estávamos no limiar das estrelas. Uma nova era estava surgindo para humanidade. Então, o sonho desmoronou. Como escritor de ficção científica Isaac Asimov escreveu, marcou o touchdown, foi o nosso futebol, e depois fui para casa. Hoje, os impulsionadores dos velhos foguetes estão ociosos em museus ou apodrecendo em ferros-velhos. Uma geração inteira de cientistas top dos foguetes espaciais foi autorizada a se dissipar. A dinâmica corrida do espaço foi lentamente dissipada. Hoje, é possível encontrar referência à famosa caminhada na lua só nos livros de história, empoeirados. O que aconteceu? Muitas coisas, incluindo a Guerra do Vietnã, o escândalo Watergate, etc. Mas, quando tudo se resumia, reduz-se a apenas uma palavra: *custo*.

Às vezes esquecemos que a viagem espacial é cara, muito cara. Custam 10.000 dólares para colocar um quilo de qualquer coisa apenas em órbita próxima a Terra. Imagine o John Glenn feita de ouro maciço, e você pode aproveitar o custo das viagens espaciais. Para chegar à lua exigiria cerca de 100.000 dólares por libra. E para chegar a Marte exigiria cerca de US $ 1.000.000 por libra (cerca de seu peso em diamantes). Tudo isso, porém, foi coberto pela emoção e drama de competir com os russos. As acrobacias espetaculares no espaço pelos bravos astronautas esconderam o verdadeiro custo da viagem espacial, desde que as nações estavam dispostas a pagar caro se a sua honra nacional estivesse em jogo. Mas mesmo superpoderes não podem sustentar tais custos ao longo de muitas décadas.

Infelizmente, tem passado mais de 300 anos desde que Sir Isaac Newton escreveu pela primeira vez as leis do movimento, e ainda somos perseguidos por um cálculo simples. Para lançar um objeto em órbita próxima a Terra, você tem que enviar 18 mil milhas por hora. E, para enviá-lo para o espaço profundo, além do campo gravitacional da Terra, você tem que impeli-lo á 25.000 milhas por hora. (E para atingir esse número mágico de 25.000 milhas por hora, temos que usar a terceira lei do movimento de Newton: para cada ação, há uma reação igual e oposta. Isso significa que o foguete pode ir rapidamente para frente porque cospe gases quentes na direção oposta, em da mesma forma que um balão voa ao redor de uma sala quando você o infla e depois o solta.) Por isso, é um passo simples das leis de Newton para o cálculo do

custo de viagens espaciais. Não há nenhuma lei de engenharia ou física que nos impeça de explorar o sistema solar, é uma questão de custo. Pior, o foguete deve levar seu próprio combustível, que adiciona ao seu peso. Aviões parcialmente podem contornar este problema, pois eles podem colher o oxigênio do ar de fora e depois queimá-lo em seus motores. Mas já que não há ar no espaço, o foguete deve levar seus tanques próprios de oxigênio e hidrogênio. Não somente isso que faz a viagem espacial tão cara, é também essa razão de não termos mochilas ou carros voadores. Os escritores de ficção científica (cientistas não reais) glamorizaram o dia em que todos nós colocaríamos mochilas á jato e voar até o trabalho, ou ir a um dia de viagem num domingo decolar com a nossa família voando de carro. Muitas pessoas ficaram desiludidas com os futuristas, porque nunca estas previsões se cumpriram. (É por isso que vemos uma onda de artigos e livros com títulos cínicos como "Where's My Jetpack?") Mas um cálculo rápido mostra o motivo. Mochilas voadoras já existem, na verdade, os Nazistas as usaram primeiro brevemente durante a II Guerra Mundial. Mas o peróxido de hidrogênio, o combustível comum usado nas mochilas a jato, se esgotava rapidamente, de modo que um típico voo durava apenas alguns minutos. Além disso, os carros voadores que tinham hélices do helicóptero queimavam uma quantidade enorme de combustível, tornando-os demasiadamente dispendiosos para o viajante médio suburbano.

Cancelar o Programa Lua

Devido ao enorme custo das viagens espaciais, atualmente o futuro da exploração tripulada do espaço está em evolução. O ex-presidente George W. Bush apresentou um plano claro, mas ambicioso para o programa espacial. Primeiro, o ônibus espacial será aposentado em 2010 e será substituído em 2015 por um novo sistema de foguetes chamado Constellation. Em segundo lugar, os astronautas voltarão à Lua em 2020, eventualmente, criarão uma base tripulada permanente lá. Em terceiro lugar, isso abriria o caminho para uma eventual missão tripulada a Marte. No entanto, a economia de uma viagem espacial mudou muito desde então, especialmente porque a grande recessão drenou os recursos para as futuras missões espaciais.

O relatório da Comissão Agostinho, atribuído ao Presidente Barack Obama em 2009, concluiu que o plano anterior era insustentável dado os atuais níveis de financiamento. Em 2010, o presidente Barack Obama aprovou as conclusões do relatório de Agostinho, o cancelamento do ônibus espacial e sua substituição, que foi para definir as bases para o regresso à Lua. No curto prazo, sem os foguetes para enviar nossos astronautas no espaço, a NASA será forçada a confiar nos Russos. Entretanto, esta é uma oportunidade para as empresas privadas criem os foguetes necessários e

continuarem com o programa espacial tripulado. Em uma ruptura drástica com o passado, a NASA deixará de estar construindo os foguetes do programa espacial tripulado. Os defensores do plano dizem que ele vai inaugurar uma nova era das viagens espaciais, quando alguma empresa privada assumir o controle. Os críticos dizem que o plano vai reduzir a NASA "uma agência para lugar nenhum".

Desembarque em um Asteroide

O relatório Agostinho estabeleceu o que chamou de caminho flexível, contendo vários objetivos modestos que não exigem tanto combustível para foguetes, por exemplo, viajar para um asteroide próximo que passou a ser flutuante ou viajar para as luas de Marte. Tal asteroide, foi salientado, não pode mesmo estar em gráficos no nosso céu ainda, que poderia ser um asteroide errante que possa ser descoberto no futuro próximo. O problema, o relatório Agostinho disse, é que o combustível de foguete para a missão de pouso e para voltar da lua, e principalmente de Marte, seria proibitivamente caro. Mas desde que os asteroides e as luas de Marte têm vários campos gravitacionais baixos, estas missões não exigiriam tanto combustível dos foguetes. O relatório Agostinho também mencionou a possibilidade de visitar os pontos de Lagrange, que são os lugares no espaço onde o campo gravitacional da Terra e a Lua se anulam mutuamente. (Esses pontos podem servir como um despejo cósmico, onde antigas peças dos destroços do sistema solar têm sido coletadas, por isso, ao visitá-los os astronautas podem encontrar rochas interessantes que remontam à formação do sistema da Terra e da Lua).

Pousando em um asteroide seria certamente uma missão de baixo custo, uma vez que os asteroides têm vários campos gravitacionais fracos. (Esta é também a razão de serem os asteroides de forma irregular, em vez de redondos. No universo, os objetos grandes, como estrelas, planetas e luas, são todos redondos porque a gravidade puxa uniformemente. Qualquer irregularidade na forma de um planeta que desaparece gradualmente conforme a gravidade comprime a crosta. Mas o campo gravitacional de um asteroide é tão fraco que não pode comprimir o asteroide em uma esfera).

Uma possibilidade é que o asteroide Apófise, que fará uma passagem desconfortável em 2029. O Apophis tem cerca de 1.000 metros de extensão, o tamanho de um grande estádio de futebol, e vai chegar tão perto da Terra que ele vai realmente passar por baixo de alguns dos nossos satélites. Dependendo de como a órbita do asteroide é distorcida por essa passagem estreita, que pode oscilar de volta para a Terra em 2036, onde há uma pequena chance (1 em 100.000) que poderá atingir a Terra. Se isso acontecesse, iria bater com a força de 100 mil bombas de Hiroshima, o suficiente para destruir uma área tão grande como a França, com tempestades de fogo,

ondas de choque, e detritos ardentes. (Por comparação, um objeto muito menor, provavelmente do tamanho de um prédio, bateu em Tunguska, na Sibéria, em 1908, com a força de cerca de 1.000 bombas de Hiroshima, destruindo 1.000 milhas quadradas de floresta e criou uma onda de choque sentida á milhares de quilômetros de distância. Ela também criou um estranho brilho visto sobre a Ásia e a Europa, que as pessoas em Londres até poderiam ler um jornal à noite.)

Visitando Apophis e não onerando o orçamento da NASA, uma vez que o asteroide está chegando perto de Terra de qualquer maneira, mas o pouso no asteroide pode representar um problema. Desde que tem um campo gravitacional fraco, seria realmente uma doca com o asteroide, ao invés de pousar sobre ela no sentido tradicional. Além disso, o asteroide seria provavelmente de fiação irregular, e medidas tão precisas que seriam feitas antes do desembarque. Seria interessante testar para ver quão sólido é o asteroide. Alguns acreditam que um asteroide pode ser uma coleção de rochas frouxamente unidas por um campo gravitacional fraco. Outros acreditam que ele pode ser sólido. A determinação da consistência de um asteroide poderá um dia ser importante, se tivermos de usar armas nucleares para explodir um. Um asteroide, em vez de ser pulverizado em um pó fino, pode, ao invés de quebrar em vários pedaços grandes. Isso acontecendo, então o perigo de estas peças possa ser maiores do que a ameaça original. Uma ideia melhor pode ser levar o asteroide para fora do caminho antes que ele chegue perto da Terra.

Aterragem na Lua de Marte

Embora o relatório Agostinho não apoie uma missão tripulada a Marte, uma intrigante possibilidade é enviar astronautas para visitar as luas de Marte, Probôs e Deimos. Estes satélites são muito menores do que a lua terrestre e, portanto, têm um campo gravitacional muito baixo. Existem várias vantagens em pousar nas luas de Marte, além de economizar os custos.

Em primeiro lugar, estas luas podem ser utilizadas como estações espaciais. Elas oferecem uma forma barata de analisar o planeta no espaço sem visitá-lo.

Em segundo lugar, elas poderiam vir a proporcionar uma maneira fácil de acessar Marte. Phobos fica a menos de 6.000 km do centro de Marte, e uma rápida viagem para o Planeta Vermelho pode ser feita em questão de horas.

Essas luas provavelmente teriam cavernas que poderiam ser usadas para uma base tripulada permanente para proteger contra os meteoros e contra a radiação. Phobos, em particular, a cratera Stickney enorme do seu lado, indicando que a lua foi provavelmente atingida por um meteoro enorme e quase a queimando no passado. No entanto, a gravidade lentamente trazida de volta ás peças e remontadas em sua Lua.

Existem provavelmente muitas cavernas e buracos deixados ao longo dessa colisão antiga.

Back to the Moon

O relatório Agostinho também mencionou um primeiro programa Lua, onde iríamos voltar para a Lua, mas só se mais fundos estiverem disponíveis, pelo menos uns U$$ 30 bilhões dólares ao longo de dez anos. Uma vez que isso seja improvável, o programa da Lua, de fato, for cancelado, pelo menos para os próximos anos.

A missão à Lua foi cancelada pelo chamado Programa Constellation, que consistia em vários componentes principais. Primeiro foi o foguete, o Ares, o primeiro grande foguete dos EUA desde o foguete Saturno que ficou velho e foi desativado na década de 1970. No topo do Ares sentou o módulo Orion, que podia levar seis astronautas para a estação espacial ou quatro astronautas à lua. Depois houve o Lander Altair, que era suposto aterrar de na Lua.

O velho ônibus espacial, onde o foguete do ônibus espacial foi colocado no lado do foguete, havia uma série de falhas de projeto, incluindo a tendência de o foguete lançar pedaços de borracha. Isto teve consequências desastrosas para o ônibus espacial Columbia, que se separou em 2003, na reentrada, matando sete corajosos astronautas, porque um pedaço de borracha do foguete atingiu o ônibus e fizeram um buraco na asa durante a decolagem. Após a reentrada, os gases quentes penetraram no casco do Columbia, matando todos dentro e causando a quebra em pedaços do foguete. No Constellation, com a tripulação no módulo sendo colocada diretamente sobre a parte superior do foguete, isso já não seria um problema. O programa Constellation havia sido chamado de "*um programa Apollo com esteroides*--" pela imprensa, uma vez que se parecia muito com o programa do foguete lunar da década de 1970. O impulsionador do Ares I foi até os 325 metros de altura, comparável ao 363 metros do foguete Saturno V. Era para levar o módulo Orion ao espaço, e substituir o velho ônibus espacial. Mas para levantar muito peso, a NASA estava usando o foguete Ares V, que foi á mais de 381 metros de altura e capaz de levar 207 toneladas de carga para o espaço. O foguete Ares V teria sido a espinha dorsal de qualquer missão para a Lua ou Marte. (Embora o projeto Ares fosse cancelado, e não se fala, em talvez, salvar alguns desses componentes para futuras missões).

Base permanente da Lua

Embora o Programa Constellation fosse cancelado pelo presidente Barack Obama, deixou em aberto várias opções. O módulo Orion, que era para ter levado os nossos astronautas de volta à Lua, está agora sendo considerado como uma válvula de escape para a Estação Espacial Internacional. Em algum ponto no futuro, quando a recuperação da economia, outra administração pode querer ajustar sua mira na lua novamente, incluindo uma base lunar.

A tarefa de estabelecer uma presença permanente na Lua enfrenta muitos obstáculos. O primeiro é micrometeoritos. Porque a lua abafa, e rochas do espaço frequentemente a atingem. Podemos ver isso através da visualização de sua superfície, marcada por colisões de meteoritos, alguns que datam de bilhões de anos. Eu tenho um olhar pessoal neste perigo quando eu era um estudante de graduação na Universidade da Califórnia em Berkeley. As rochas lunares trazidas do espaço no início dos anos 1970 estavam criando uma sensação na comunidade científica. Fui convidado para um laboratório que estava analisando a pedra da lunar sob um microscópio.

A rocha que eu vi parecia normal, uma vez rocha lunar se assemelha muito a rocha da Terra, mas foi sob o microscópio que eu tive um choque. Vi pequenos buracos de meteoros e crateras na rocha, e dentro deles, vi crateras ainda menores. Crateras dentro de crateras, dentro de crateras, algo que eu nunca tinha visto antes. Eu imediatamente percebi que sem um ambiente, mesmo o mais ínfimo pedaço microscópico de sujeira, te acertando 40.000 quilômetros por hora, poderia facilmente matá-lo ou pelo menos penetrar no seu traje espacial. (Os cientistas compreendem as enormes prejuízos criados por esses micrometeoritos, porque eles podem simular esses impactos, e criaram enormes canhões em seus laboratórios que podem disparar bolinhas metálicas para estudar os impactos de meteoros).

Uma possível solução é construir uma base lunar subterrânea. Por causa da atividade antiga da Lua vulcânica, há uma chance de nossos astronautas puderem encontrar um tubo de lava que se estende para dentro do interior da Lua. (Tubos de lava são criados por fluxos de lava antigos que esculpiram algo como as estruturas de cavernas e túneis subterrâneos.) Em 2009, astrônomos descobriram um tubo de lava do tamanho de um arranha-céu que poderia servir como uma base permanente na Lua. Esta caverna natural pode fornecer proteção barata para nossos astronautas contra a radiação dos raios cósmicos e ventos solares. Mesmo tendo um transcontinental voos de Nova Iorque para Los Angeles nos expõe a uma millirem de radiação por hora (equivalente a raios-X de um dentista). Para os nossos astronautas na lua, a radiação pode ser tão intensa que eles podem precisar viver em bases subterrâneas. Sem uma atmosfera, uma chuva mortal de erupções solares e dos raios cósmicos representaria um risco imediato para os astronautas, causando o envelhecimento precoce e até câncer. A imponderabilidade é também um problema, especialmente para missões longas no espaço. Eu tive a oportunidade de visitar o centro de treinamento da NASA, em Cleveland, Ohio, onde extensos testes são feitos em nossos astronautas. Em um teste

que observei, o assunto foi suspenso em um arnês de forma que seu corpo ficou paralelo ao solo. Então ele começou a correr em uma esteira, cujas faixas eram verticais. Ao correr nesta esteira, os cientistas da NASA poderiam simular a ausência de peso durante o teste e a resistência do sujeito.

Quando falei com os médicos da NASA, eu aprendi que a ausência de peso era mais prejudicial do que eu pensava. Um médico me explicou que após várias décadas de submeter os astronautas americanos e russos a prolongada ausência de gravidade, os cientistas agora percebem que o corpo sofre mudanças significativas: a degradação ocorre nos músculos, ossos e sistema cardiovascular. Nossos corpos evoluíram durante milhões de anos, enquanto vivíamos no campo gravitacional da Terra. Quando colocados em um campo gravitacional mais fraco por longos períodos de tempo, todos os nossos processos biológicos são jogados em desordem.

Os astronautas russos que passaram cerca de um ano no espaço ficaram tão fracos, quando voltaram para a Terra que eles mal podiam engatinhar. Mesmo tendo feito exercícios diários no espaço, a atrofia dos músculos, os ossos perderam cálcio, e seus sistemas cardiovasculares começam a enfraquecer. Alguns dos astronautas levaram meses para recuperar esse prejuízo, alguns das quais podem ser permanentes. Uma viagem a Marte, o que pode demorar dois anos, pode drenar a força de nossos astronautas para que eles não possam executar a sua missão quando chegarem. (Uma solução para esse problema é fazer girar a nave espacial, que cria a gravidade artificial dentro da nave. Esta é mesma razão que você pode girar um balde de água sobre sua cabeça, sem derramar a água para fora. Mas isso é inviável, por causa da pesada maquinaria necessária para girar a nave. Cada peso de quilo extra adicionam U$ 10.000 para o custo da missão).

Água na Lua

Um trocador de jogo foi descoberto no antigo gelo na Lua, provavelmente deixado por impactos de cometas antigos. Em 2009, a cratera lunar do centro observação e detecção por satélite da NASA (LCROSS) da sonda e seu foguete Centaur pousaram na região sul da lua polar. Eles atingem a Lua em 5.600 milhas por hora, criando uma nuvem quase uma milha de altura e uma cratera de cerca de 60 metros de diâmetro. Embora as audiências de TV ficassem desapontadas que o impacto LCROSS não criou uma explosão espetacular, como previsto, ela produziu uma riqueza de dados científicos. Cerca de 24 litros de água foram encontrados. Então, em 2010, os cientistas fizeram o anúncio chocante que 5 por cento dos escombros continham água, então a lua estava realmente mais molhada do que partes do deserto do Saara.

Isto pode ser significativo, pois isso pode significar que, os astronautas no futuro poderão usar depósitos subterrâneos de colheita de gelo para combustível de foguetes (com a extração do hidrogênio na água), para a respiração (pela extração de oxigênio), para a blindagem (pois a água pode absorver a radiação), e para beber uma vez que ela é purificada. Portanto, esta descoberta pode raspar centenas de milhões de dólares e deixar as contas no vermelho para qualquer missão para a Lua. Esta descoberta pode significar que será possível para os nossos astronautas que viveram na Terra, fazerem a colheita de gelo e sais minerais na Lua para criar e manter uma base permanente.

Missão Marte

Quando o presidente Obama, viajou para a Flórida em 2010 para anunciar o cancelamento do programa Lua, estendeu as perspectivas de uma missão a Marte em vez disso. Ele apoiou o financiamento de um foguete de lançamento ainda não especificado pesado que pudesse um dia mandar astronautas para o espaço além da Lua. Ele pensou que ele pudesse ver o dia, talvez em meados de 2030, quando nossos astronautas andassem em Marte. Alguns astronautas, como Buzz Aldrin, foram adeptos do plano de Obama, porque ele iria pular a Lua. Aldrin me disse uma vez que os Estados Unidos já foram à Lua, e, portanto, a aventura real seria em ir pra Marte.

De todos os planetas do sistema solar, apenas Marte parece assemelhar-se a Terra o suficiente para abrigar alguma forma de vida. (Mercúrio, que é queimada pelo sol, é provavelmente hostil demais para ter vida como a conhecemos. E os gigantes de gás Júpiter, Saturno, Urano e Netuno são demasiado frios para suportar a vida. Vênus é gêmeo da Terra, mas um efeito estufa descontrolado criou um inferno: as temperaturas sobem a 900° F, e a maioria sua de atmosfera de dióxido de carbono é 100 vezes mais densa do que o nossa, e chove ácido sulfúrico. Se você caminhasse sobre a superfície de Vênus, você iria sufocar ser estrangulado até a morte, e seus restos mortais seriam incinerados pelo calor e dissolvidos pelo ácido sulfúrico.) Marte, por outro lado, já foi um planeta úmido, parecido com a Terra, com oceanos e leitos de rios que desapareceram há muito tempo. Hoje, é um deserto gelado, sem vida. Talvez a vida microbiana, uma vez floresceu há bilhões de anos atrás ou ainda podem viver no subsolo, em fontes termais.

Uma vez que nosso país assumiu um compromisso firme para ir a Marte, pode demorar uns vinte a trinta anos para realmente completar a missão. Mas chegar a Marte vai ser muito mais difícil do que alcançar a Lua. Em contraste com a Lua, Marte representa um salto quântico em dificuldade. Porque leva apenas três dias para chegar à Lua. Demora entre seis meses a um ano para se chegar á Marte.

Em julho de 2009, cientistas da NASA deram um olhar raro que uma missão a Marte pode parecer realista. Astronautas seriam necessários por cerca de seis meses ou mais para chegar a Marte, em seguida, passar dezoito meses no planeta, em seguida, tomar mais seis meses para a viagem de regresso. Ao todo, cerca de 1,5 milhões de quilos de equipamentos teriam de ser enviados a Marte, mais do que o montante necessário para a estação espacial o que daria por volta de U$ 100 bilhões. Para economizar água e comida, os astronautas terão de purificar os seus próprios resíduos e, em seguida, usá-los para fertilizar plantas durante a viagem e ao mesmo tempo em Marte. Sem ar, solo, ou água, tudo deve ser trazido da Terra. Será impossível viver fora da Terra, pois não há oxigênio, água líquida, animais ou plantas em Marte. A atmosfera é quase o dióxido de carbono puro, com uma pressão atmosférica de apenas 1 por cento que de terra. Qualquer rasgo em um traje espacial criaria despressurização rápida e causaria a morte.

A missão seria tão complexa que teria que ser dividida em várias etapas. Desde carregar o combustível de foguete da missão e voltar á Terra seria dispendioso, um foguete separado pode ser enviado a Marte antes de o tempo de carregar o combustível de foguete a ser usado para abastecer a nave espacial. (Ou, se o oxigênio suficiente e o hidrogênio pudessem ser extraídos do gelo em Marte, isso poderia ser usado, como combustível de foguetes também). Uma vez em Marte, que pode demorar semanas para que os astronautas se acostumem a viver em outro planeta. O ciclo de dia / noite é quase o mesmo que na Terra (Um dia em Marte é de 24,6 horas). Mas um ano é quase o dobro do tempo. A temperatura em Marte nunca vai acima do ponto de fusão do gelo. As tempestades de poeira em Marte são ferozes. A areia de Marte tem a consistência de talco, e as tempestades de poeira que engolem todo o planeta são comuns.

Marte No Formato Do Planeta Terra?

Assumindo que os astronautas visitem Marte até meados do século e estabelecer um posto avançado primitivo em Marte, existe a possibilidade de que os astronautas poderiam considerar sobre Marte, ou seja, transformar o planeta para se tornar mais hospitaleiro para a vida. Isso começaria no final do século XXI, na melhor das hipóteses, ou mais provavelmente no início do vigésimo segundo século.

Cientistas analisaram várias maneiras em que Marte poderia ter um terreno formado. Talvez a maneira mais simples fosse a de injetar gás metano ou outros gases de efeito estufa na atmosfera. Desde que o gás metano é um gás de efeito estufa ainda mais potente que o dióxido de carbono, o gás metano pode ser capaz interceptar a luz solar, elevando a temperatura da superfície de Marte até acima do ponto de fusão do

gelo. Além do metano, outros gases-estufa têm sido analisados para possíveis experimentos na formação de terreno, como a amônia e os clorofluorcarbonos.

Quando a temperatura começa a subir, o gelo poderá começar a descongelar, pela primeira vez em milhares de milhões de anos. À medida que o gelo derrete os leitos dos rios que começam a encher com água. Eventualmente, lagos e mesmo oceanos poderiam formar novamente em Marte como engrossar a atmosfera. Isso liberaria mais dióxido de carbono, dando início a um ciclo de feedback positivo. Em 2009, foi descoberto que o gás metano naturalmente escapa da superfície marciana. A fonte desse gás é ainda um mistério. Na Terra, a maior parte do gás metano é devido à decomposição de materiais orgânicos. Mas em Marte, o metano pode ser um subproduto de processos geológicos. Se isso é possível localizar a fonte deste gás metano, então seria possível aumentar a produção e, consequentemente, alterar a atmosfera. Outra possibilidade é a de desviar um cometa na atmosfera marciana. Se for possível interceptar um cometa distante o suficiente, então até mesmo uma pequena cutucada por um motor de foguete, um impacto com uma sonda, ou mesmo o puxão da gravidade de uma nave espacial pode ser o suficiente para desviá-la. Os cometas são formados principalmente de gelo e rocha e passam periodicamente através de nosso sistema solar. (O Cometa Halley, por exemplo, consiste de um núcleo semelhante a um amendoim, que tem aproximadamente 20 milhas de diâmetro, composto principalmente de gelo e rocha). Enquanto o cometa gradualmente se aproximava da superfície de Marte, seria encontrar o atrito da atmosfera, fazendo o cometa lentamente se desintegrar, liberando água para a atmosfera na forma de vapor. Se os cometas não estão disponíveis, poderia também ser possível desviar uma das luas de Júpiter ou talvez um asteroide que contém gelo, como Ceres, que se acredita ser de 20 por cento de água. (Estas luas e asteroides seriam mais difíceis de desviar, pois eles estão geralmente em órbitas estáveis.) Em vez de tendo o cometa, a lua ou asteroide caindo lentamente em sua órbita ao redor de Marte, liberando vapor de água, outra opção seria manobrá-los para um impacto controlado com as calotas polares de Marte. As regiões polares de Marte são feitas de dióxido de carbono congelado, que desaparecem durante os meses de verão, e gelo, que compõe a parte permanente das calotas polares. Se o cometa, lua ou asteroide atinge as calotas polares, podem liberar uma quantidade enorme de calor e evaporar o gelo seco. Uma vez que o dióxido de carbono é um gás com efeito de estufa, isto iria engrossar a atmosfera e ajudar a acelerar o aquecimento global em Marte. Pode também criar um ciclo de feedback positivo. Quanto mais dióxido de carbono for liberado do gelo, mais quente o planeta se torna, que por sua vez libera mais dióxido de carbono.

Outra sugestão é para detonar bombas nucleares diretamente sobre as calotas polares. A desvantagem é que a água pode conter precipitação líquida dos resultantes radioativos. Ou podemos tentar criar um reator de fusão que pode derreter as calotas polares. A fusão das plantas usa a água como um combustível de base, e há uma

abundância de água congelada em Marte. Quando a temperatura de Marte aumenta ao ponto de fusão do gelo, as piscinas de água podem formar, e certas formas de algas que crescem na Terra, na Antártica podem ser introduzidas em Marte. Elas podem realmente proliferar na atmosfera de Marte, que é de 95 por cento de dióxido de carbono. Elas também poderiam ser geneticamente modificadas para maximizar o seu crescimento em Marte. Estas piscinas de algas poderiam acelerar a terra formação de várias maneiras. Primeiro, eles podem converter o dióxido de carbono em oxigênio. Em segundo lugar, eles iriam escurecer a cor da superfície de Marte, para que ele absorvesse mais calor do sol. Em terceiro lugar, uma vez que crescem sozinhas, sem qualquer ajuda a partir do exterior, seria uma maneira relativamente barata de mudar o ambiente do planeta. Em quarto lugar, as algas podem ser colhidas para alimentação. Eventualmente, estes lagos de algas criariam solo e nutrientes que podem ser adequados para as plantas, que por sua vez, aceleram a produção de oxigênio.

Os cientistas também analisaram a possibilidade de construção de satélites solares ao redor do planeta, refletindo a luz solar em Marte. Satélites solares podem ser capazes de aquecer a superfície marciana acima de zero. Uma vez que isto aconteça à camada de gelo permanente começaria a derreter, o planeta iria naturalmente continuar a se aquecer por si próprio.

Algum Benefício Econômico?

Um não deve ter ilusões de que vamos nos beneficiar imediatamente de uma bonança econômica de colonizar a Lua e Marte. Quando Colombo navegou para o Novo Mundo, em 1492, ele abriu a porta para uma colheita histórica econômica. Logo, os conquistadores foram enviados de volta grandes quantidades de ouro que pilhado de nativos americanos, e os colonos estavam enviando matérias-primas valiosas e culturas de volta ao Velho Mundo. O custo do envio de expedições para Novo Mundo foi mais que compensado pelas fortunas fabulosas que poderiam ser feitas. Mas colônias na Lua ou em Marte são bastante diferentes. Não há ar, a água líquida, ou o solo fértil, então tudo teria de ser trazido do foguete, que é proibitivamente caro.

Além disso, há pouco valor militar em colonizar a Lua, pelo menos no curto prazo. Isso é porque eles levariam três dias em média para atingir a Lua da Terra, ou vice-versa, mas uma guerra nuclear pode ser combatida em apenas 90 minutos por mísseis balísticos intercontinentais. A cavalaria do espaço na Lua não alcançaria a batalha sobre a Terra na hora de fazer a diferença. Por isso, o Pentágono não financiou qualquer programa de choque para armar a lua. Isto significa que, se fizermos iniciar as operações de mineração em grande escala em outros mundos, será para o benefício de colônias espaciais, e não para a Terra. Colonos vão extrair os metais e minerais para

uso próprio, desde que custaria muito para transportá-los para a Terra. A operação de mineração no cinturão de asteroides seria tornar-se económica só quando tivermos colônias autossuficientes que podem utilizar estas matérias-primas em si, e que isso não vai acontecer até o final deste século ou, mais provavelmente, para além dele.

Turismo Espacial

Mas quantos civis em média podem ir para o espaço? Alguns visionários, como o falecido Gerard O'Neill, da Universidade Princeton, sonhava com uma colônia espacial como uma roda gigantesca, incluindo unidades vivas, plantas de purificação de água, unidades de reciclagem de ar, etc., criada para resolver a superpopulação na Terra. Mas no vigésimo primeiro século, a ideia de que as colônias espaciais que aliviariam o problema populacional são fantásticas na melhor das hipóteses. Para a maioria da raça humana, a Terra será nossa única casa por pelo menos um século ou mais. No entanto, há uma maneira em que a pessoa mediana pode realisticamente ir ao espaço: como turista. Alguns empresários, que criticam o enorme desperdício e a burocracia da NASA, pensam que podem fazer baixar o custo das viagens espaciais usando as forças do mercado. Já, Burt Rutan e seus investidores ganharam U $ 10 milhões dólares Ansari X Prize em 04 outubro de 2004, por ter lançado o SpaceShipOne duas vezes dentro de duas semanas para pouco mais de 62 milhas acima da Terra. A SpaceShipOne é a primeira nave espacial impulsionada por foguetes que foi concluída com êxito de uma empresa financiada com fundos privados para o espaço. Os custos de desenvolvimento foram de cerca de US $ 25 milhões. O bilionário da Microsoft Paul Allen ajudou a custear o projeto.

Agora, com a SpaceShipTwo, Rutan espera iniciar testes para fazer um voo espacial comercial de verdade. O bilionário Richard Branson, da Virgin Atlantic criou a Virgin Galactic, com uma base espacial no Novo México e uma longa lista de pessoas que vão gastar US $ 200.000 para realizar seu sonho de voar no espaço.

A Virgin Galactic, que será a primeira grande empresa a oferecer voos comerciais ao espaço, já encomendou cinco foguetes SpaceShipTwo. Se tiverem sucesso, isso poderá diminuir o custo das viagens espaciais por um fator de dez.

A SpaceShipTwo usa vários métodos para cortar custos. Em vez de foguetes propulsores enormes para transportar a carga para o espaço, Rutan coloca a sua nave espacial no topo um avião, para que ele possa pegar carona em um avião respirar o ar padrão. Dessa forma, você simplesmente consome o oxigênio da atmosfera para atingir altas altitudes. Então, a cerca de 10 milhas acima da Terra, a nave se separa do avião e gira em torno de seus motores de foguete. Embora a nave espacial não possa orbitar a Terra, ele tem combustível suficiente para chegar a quase 70 quilômetros acima da Terra, acima da maioria da atmosfera, assim que os passageiros podem ver o céu ficar

roxo e depois preto. Seus motores são poderosos o suficiente para atingir Mach 3, ou três vezes a velocidade do som (aproximadamente 2.200 milhas por hora). Isto é certamente não rápido o suficiente para colocar um foguete em órbita (você precisa acertar 18 mil milhas por hora para isso), mas é o suficiente para levá-lo até a borda da atmosfera e do limiar do espaço sideral. Num futuro próximo, talvez uma viagem ao espaço possa custar mais do que um safari em África. (No entanto, a ir totalmente ao redor da Terra, você teria que pagar consideravelmente mais para fazer uma viagem a bordo da estação espacial. Certa vez perguntei ao bilionário da Microsoft, Charles Simonyi o quanto lhe custou para conseguir um bilhete para a Estação Espacial. Durante a reportagem estima-se que custaram US $ 20 milhões. Ele disse que estava relutante em dar o custo preciso, mas ele me disse que os relatos dos media não foram muito longe. Ele tinha um bom tempo que ele realmente foi para o espaço duas vezes. Assim, a viagem espacial, mesmo em um futuro próximo, continuarão a ser da competência do bem-desligado).

O turismo espacial, no entanto, tem um tiro no braço em setembro de 2010, quando a Boeing Corporation anunciou que, também, foi entrando no negócio, com voos comerciais para turistas planejada já para 2015. Isso reforçaria a decisão do presidente Obama para virar o programa espacial tripulado para a indústria privada. O plano da Boeing lança chamadas para a Estação Espacial Internacional a partir de Cabo Canaveral, na Flórida, cada um envolvendo quatro membros da tripulação, o que deixaria livre até três lugares para turistas espaciais. Boeing, no entanto, foi categórico sobre o financiamento de empreendimentos privados para o espaço: o contribuinte teria de pagar mais do projeto. "*Este é um mercado incerto*", diz John Elbon, gerente de programa para o esforço da tripulação do Boeing comercial. "*Se tivéssemos que fazer este investimento apenas com o Boeing os fatores de risco estariam lá, nós não seríamos capazes de encerrar o processo dos negócios*".

O custo das viagens espaciais tem impedido o progresso comercial e científico, então precisamos de um novo design revolucionário. Pela metade do século, cientistas e engenheiros estarão aperfeiçoando novas tecnologias foguete para fazer baixar o custo das viagens espaciais. O físico Freeman Dyson reduziu algumas tecnologias experimentais que possam um dia abrir os céus para as pessoas comuns. Estas propostas são todas de alto risco, mas eles poderiam reduzir drasticamente os custos. O primeiro é o motor de propulsão a laser, o que dispara um feixe de laser de alta potência no fundo de um foguete, fazendo um miniexplosão, cuja onda de choque empurra o foguete para cima. Um fluxo constante de explosões de laser rápido-que vaporizaria a água, que impulsiona o foguete para o espaço. A grande vantagem do sistema de propulsão a laser é que a energia vem de um sistema terrestre. O foguete de combustível á laser não contém qualquer desperdício. (Foguetes químicos, pelo contrário, tem muito desperdício de sua energia o levantamento do peso de seu combustível para o espaço).

A tecnologia para o sistema de propulsão a laser já foi demonstrado, e o primeiro teste bem sucedido de um modelo foi realizado em 1997. Leik Myrabo do Rensselaer Polytechnic Institute, em Nova York criou protótipos funcionais do foguete, que ele chama de tecnologia de nave manifestante. Um projeto inicial foi de seis centímetros de diâmetro e pesava duas onças. Um laser de 10 KW gerou uma série de rajadas laser na parte inferior do foguete, criando um som de metralhadora como o ar rajadas empurrando o foguete em uma aceleração de 2 g's (duas vezes a aceleração gravitacional da Terra, ou 64 metros por segundo ao quadrado). Ele tem sido capaz de construir foguetes da nave, que subiram mais de 100 pés no ar (o equivalente ao início dos combustíveis de foguetes de Robert Goddard em 1930).

Dyson sonhou o dia, em que os sistemas de propulsão a laser pudessem colocar cargas pesadas em órbita terrestre por apenas U$5,00 por quilo, o que iria realmente revolucionar as viagens espaciais. Ele vislumbra um gigante, laser de mil megawatts que pode impulsionar um foguete de duas toneladas em órbita. (Essa é a potência de uma potência nuclear na planta padrão.) O foguete consiste na carga e um tanque de água no fundo, que lentamente vaza água através de minúsculos poros. A carga e o tanque de água cada uma pesa uma tonelada. Como o raio laser atinge a parte inferior do foguete, a água vaporiza instantaneamente, criando uma série de ondas de choque que empurra os foguete para o espaço. O foguete atinge uma aceleração de 3 g's e deixa a atração gravitacional da Terra em apenas seis minutos.

Como o foguete não carrega combustível, não há perigo de uma explosão de foguete catastrófica. Os foguetes químicos, mesmo com cinquenta anos de idade no espaço, ainda tem uma taxa de insucesso de cerca de 1 por cento. E essas falhas são espetaculares, com o oxigênio e hidrogênio que são combustíveis voláteis criando bolas de fogo enormes e fazem chover detritos por todo o local de lançamento. Este sistema, pelo contrário, é simples, seguro e pode ser usado repetidamente com um tempo muito curto, utilizando apenas água e um laser. Além disso, o sistema acabaria por pagar a si próprio. Se ele pudesse lançar meio milhão de espaçonaves por ano, as taxas desses lançamentos poderia facilmente pagar os custos operacionais, bem como os seus custos de desenvolvimento. Dyson, no entanto, percebe que este sonho está á várias décadas no futuro. A pesquisa básica com estes lasers enormes requer um financiamento que vai muito além de uma universidade. A menos que a pesquisa seja financiada por uma grande empresa ou pelo governo, o sistema de propulsão a laser nunca será construído. Aqui é onde o X Prize pode ajudar. Uma vez eu falei com Peter Diamandis, que criou o X Prize, em 1996, e ele ficou bem ciente das limitações dos foguetes químicos. Mesmo o falando sobre o SpaceShipTwo, que ele admitiu para mim, enfrentou o problema que os foguetes químicos são uma maneira cara para escapar à gravidade da Terra. Como consequência, um X Prize futuro, será dado a alguém que pode criar um foguete propulsionado por um feixe de energia. (Mas em vez utilizando um feixe de laser, seria usar uma fonte similar de energia eletromagnética, um feixe de

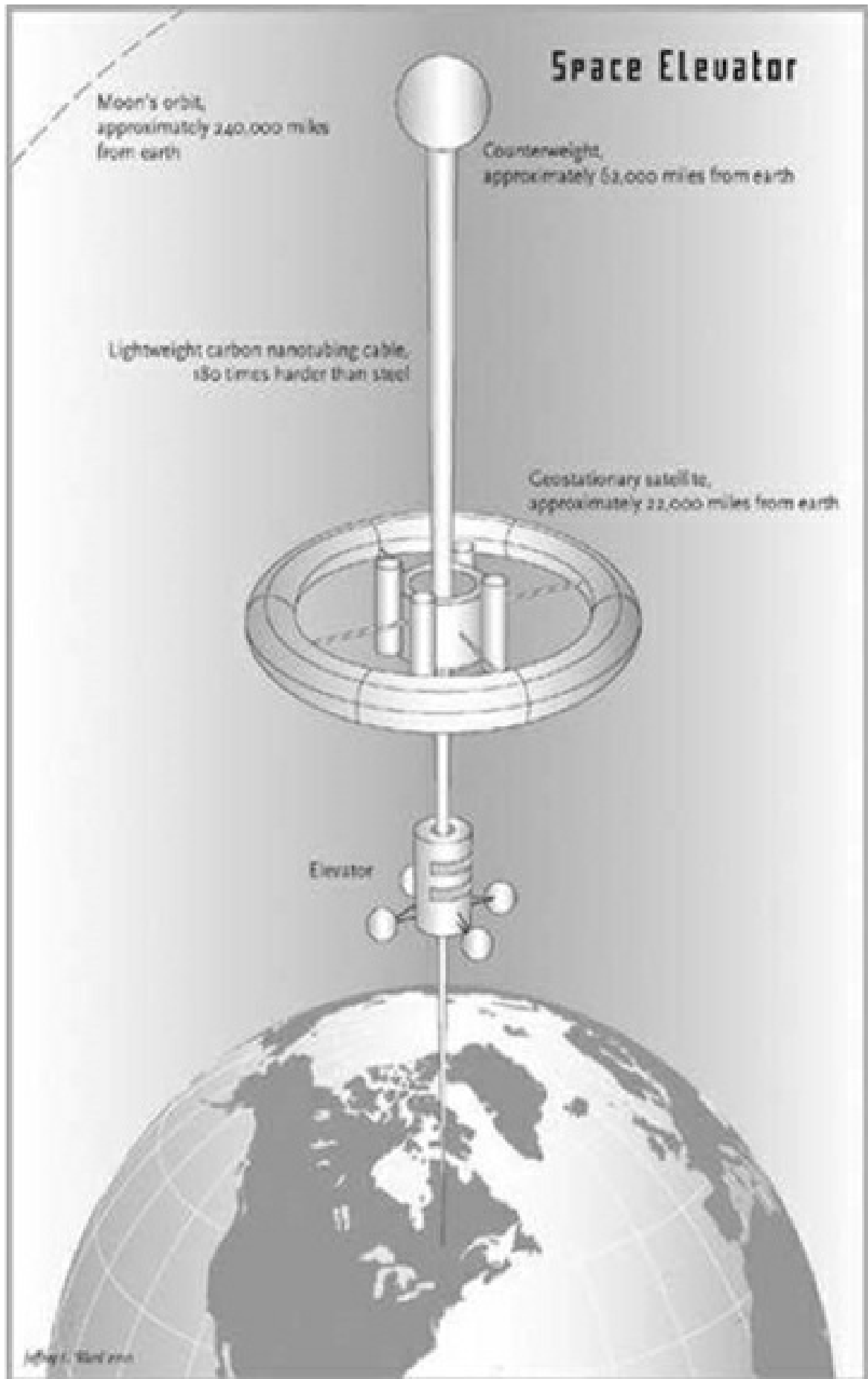
micro-ondas). A publicidade da X Prize e a sedução de um prêmio multimilionário poderia ser o suficiente para despertar o interesse entre os empresários e inventores para criar foguetes não químicos, como o foguete micro-ondas. Há outros projetos de foguetes experimentais, mas eles envolvem riscos diferentes. Uma possibilidade é a arma de gás, que dispara projéteis de uma arma enorme, algo semelhante ao do foguete no romance de Júlio Verne*, Da Terra à Lua*.

O foguete de Júlio Verne, no entanto, nunca iria voar, porque a pólvora não pode disparar um projétil á 25.000 milhas por hora, a velocidade necessária para escapar da gravidade terrestre. O injetor de gás, pelo contrário, usa o gás de alta pressão em um longo tubo para soprar projéteis em velocidades elevadas. O falecido Abraham Hertzberg na Universidade de Washington em Seattle construiu um protótipo de arma que tem de quatro polegadas de diâmetro e trinta metros de comprimento. O gás dentro da arma é uma mistura de metano e ar pressurizado que consiste em 25 vezes a pressão atmosférica. Quando o gás é inflamado, o passeio da carga ao longo da explosão em 30.000 g é notável, uma aceleração tão grande que pode achatar objetos mais metálicos.

Hertzberg provou que a arma de gás pode funcionar. Mas o lançamento de uma carga para o espaço sideral, o tubo deverá ser muito maior, cerca de 750 metros, e deve usar diferentes gases ao longo da sua trajetória. Até cinco estágios diferentes, com diferentes gases devem ser usados para impulsionar a carga para velocidade de escape. Os custos de arma de gás de lançamento podem ser ainda mais baixos que os do sistema de propulsão a laser. No entanto, ainda é muito perigoso para lançar os seres humanos neste formato, e sim apenas cargas sólidas que possam suportar a aceleração intensa seria lançado. Um projeto experimental sendo este o terceiro, o estilingatron, que, como uma bola em uma corda, gira cargas em um círculo e, em seguida, e os estilinga no ar. Um protótipo foi construído por Derek Tidman, que construiu um modelo de mesa que poderia arremessar um objeto a 300 metros por segundo em poucos segundos. O Estilingatron consiste de um tubo em forma de anel de três metros de diâmetro. A tubulação em si é uma polegada de diâmetro e contém uma pequena esfera de aço. Quando a bola rola ao redor do tubo, pequenos motores empurram a bola para que ela se mova cada vez mais rápido. O eslingatron real pode lançar uma carga para o espaço exterior deve ser significativamente maior, centenas ou milhares de metros de diâmetro, capazes de bombear energia para a bola até que ela atinja uma velocidade de 7 quilômetros por segundo. A bola iria sair do estilingatron com uma aceleração de 1.000 g, ainda o suficiente para achatar a maioria dos objetos. Há muitas questões técnicas que precisam ser resolvidas, sendo a mais importante o atrito entre a esfera e o tubo, o que deve ser mínimo. Todos os três destes projetos vão levar décadas para serem aperfeiçoados, mas apenas se os fundos da indústria, o governo ou privados forem fornecidos. Caso contrário, esses protótipos sempre permanecerão na prancheta.

O Elevador Espacial

Até o final deste século, a nanotecnologia pode até possibilitar o fabuloso elevador espacial. Como João e o Pé de Feijão, que puderem ser capazes de subir nas nuvens e além. Gostaríamos de entrar em um elevador, apertar o botão para cima, e então subir ao longo de uma fibra de nano tubos de carbono que estariam a milhares de quilômetros da Terra. Isso poderia transformar a economia de uma viagem espacial de cabeça para baixo. De volta em 1895, o físico russo Konstantin Tsiolkovsky foi inspirado pela construção da Torre Eiffel, a estrutura mais alta de seu tipo no mundo. Fez a si mesmo uma pergunta simples: Porque você não pode construir uma Torre Eiffel até o espaço? Se ela fosse alta o suficiente, ele calculou, então ela nunca iria cair, realizar-se-ia pelas leis da física. Ele chamou de um "castelo celestial" no céu. Pense em uma bola em uma corda. Chicoteando a bola, a força centrífuga é suficiente para fazer a bola cair. Da mesma forma, se um cabo suficientemente longo, depois de a força centrífuga irá impedi-la de cair de volta a Terra. A rotação da Terra seria suficiente para manter o cabo no céu. Uma vez que este cabo fosse esticado para os céus, qualquer táxi elevador que os passeios ao longo deste cabo poderiam pegar uma carona para o espaço. No papel, este truque parece funcionar. Mas, infelizmente, ao utilizar as leis do movimento de Newton para calcular a tensão sobre o cabo, você acha que ela é maior que a resistência à tração do aço: encaixar o cabo irá, mas fará deste um elevador espacial impossível. Ao longo das décadas, a ideia de um elevador espacial foi reavivada periodicamente, apenas para ser rejeitada por esse mesmo motivo. Em 1957, o cientista russo Yuri Artsutanov propôs uma evolução, sugerindo que o elevador do espaço pudesse ser construído de cima para baixo, em vez de baixo para cima, ou seja, uma nave espacial em primeiro lugar seria posta em órbita, e depois um cabo desceria e seria ancorado na Terra. Além disso, os escritores de ficção científica popularizaram a ideia de elevadores espaciais como Arthur C. Clarke no romance de 1979 *The Fountains of Paradise* e o romance de Robert Heinlein *Frida* em 1982. Os nano tubos de carbono têm ajudado a reviver a ideia. Estes nano tubos, como vimos, têm algumas das maiores forças de tração do que qualquer outro material. Eles são mais fortes que o aço, com resistência suficiente para suportar a tensão encontrada em um elevador espacial.

Space Elevator
Moon's orbit,
approximately 240,000 miles
from earth
Counterweight,
approximately 62,000 miles from earth
Lightweight carbon nanotubing cable,
180 times harder than steel
Geostationary satellite,
approximately 22,000 miles from earth
Elevator

O elevador espacial dos céus poderá um dia reduzir os custos do turismo espacial. A chave para o elevador espacial poderá ser a nanotecnologia.

O problema, entretanto, é a criação de um cabo de nano tubo de carbono puro, que tenha 50.000 quilômetros de altura. Este é um grande obstáculo, já que até agora os cientistas têm sido capazes de criar apenas alguns centímetros de nano tubos de carbono puro. É possível tecer milhares de milhões de fios de nano tubos de carbono para criar folhas e cabos, mas estas fibras de nano tubos de carbono não são puras, são fibras que foram pressionadas e tecidas juntas. O desafio é criar um nano tubo de carbono em que cada átomo de carbono esteja corretamente no lugar. Em 2009, cientistas da Universidade Rice, anunciaram uma descoberta. Suas fibras não são puras, mas compostas (isto é, elas não são adequadas para um elevador espacial), mas seu método é versátil o suficiente para criar os nano tubos de carbono de todo o tipo de comprimento. Eles descobriram, por tentativa e erro, que esses nano tubos de carbono podem ser dissolvidos em uma solução de ácido cloro sulfônico e atirá-los para fora de um bico, semelhante a um chuveiro. Esse método pode produzir nano tubos de fibra de carbono que são de 50 micrômetros de espessura e têm centenas de metros de comprimento.

Uma aplicação comercial poderia ser para as linhas de energia elétrica, já que os nano tubos de carbono conduzem eletricidade melhor que o cobre, porque são mais leves. A engenharia do professor Matteo Pasquali diz, *"para as linhas de transmissão você precisaria fazer toneladas, e não existem métodos para fazer isso agora. É para nós um milagre distante"*.

Embora esses cabos não sejam puros o suficiente para se qualificar para o uso em um elevador espacial, esta pesquisa aponta para o dia em que alguém poderá ser capaz de criar fios puramente de nano tubos de carbono, fortes o suficiente para nos levar aos céus. Supondo-se que no futuro alguém seja capaz de criar longas cadeias de nano tubos de carbono puro, ainda existiriam problemas práticos. Por exemplo, o cabo vai muito além da órbita da maioria dos satélites, o que significa que as órbitas dos satélites, depois de muitas voltas ao redor da Terra, acabariam por colidir com o elevador espacial e causar um acidente. Como os satélites viajam rotineiramente a 18.000 quilômetros por hora, o impacto poderia ser catastrófico. Isso significa que o elevador tem de ser equipado com foguetes especiais para passar o cabo fora do caminho de passagem dos satélites.

Outro problema é o tempo de turbulência, como furacões, tempestades com raios e ventos fortes. O elevador espacial deve ser ancorado a Terra, talvez em um porta-aviões ou plataformas de petróleo sentado no Pacífico, mas devem ser flexíveis para evitar serem danificados pelas poderosas forças da natureza. Também deve haver um botão de pânico e fuga, caso haja a ruptura do cabo. Se alguma coisa se encaixa o

cabo, a cabine do elevador deve ser capaz de deslizar ou usar um para- quedas de volta à superfície da Terra, para salvar os passageiros.

Para saltar de arranque de pesquisa em elevadores espaciais, a NASA tem incentivado diversos concursos. Um total de US $ 2 milhões em prêmios é concedido através do Espaço da NASA para os *Jogos do Elevador*. De acordo com as normas estabelecidas pela NASA, para vencer o Boca Power Challenge, você deve criar um dispositivo de peso não superior a 50 kg, que pode subir uma corda a uma velocidade de 2 metros por segundo a uma distância de 1 km. O que torna este desafio tão difícil é que o dispositivo não pode ter combustível, baterias, ou um fio elétrico. A energia deve ser transmitida para o dispositivo a partir do exterior.

Eu tive uma chance para ver de perto o entusiasmo e a energia de engenheiros trabalhando no elevador do espaço e do sonho de reclamar o prêmio. Eu voei para Seattle para atender a jovens engenheiros empreendedores em um grupo chamado LaserMotive. Eles tinham ouvido o canto da sereia do concurso da NASA e, em seguida, começaram a criar protótipos que poderiam um dia ativar o elevador espacial.

Entrei em um grande armazém que tinha sido alugado para testar suas ideias. De um lado do armazém, eu vi um poderoso laser, capaz de disparar um intenso feixe de energia. Do outro lado do armazém, vi seu elevador espacial. Era uma caixa de cerca de três metros de largura, com um grande espelho. O raio laser teria atingido o espelho e ser desviado para uma série de células solares que convertem a energia do laser em eletricidade. Isso provocaria um motor, e o carro do elevador gradualmente subiria num cabo curto. Desta forma, você não precisa de cabos elétricos pendurados no elevador espacial para fornecer sua energia. Você teria de fazer apenas um disparo de laser no elevador da Terra, e o elevador subiria a cabo por si mesmo.

O laser era tão poderoso, que todos nós tivemos que usar óculos especiais para proteger os olhos. Levou a numerosos ensaios, mas eles finalmente foram capazes de disparar o laser e fazer o dispositivo escalar o cabo. Pelo menos em teoria, um aspecto do elevador espacial havia sido resolvido. Inicialmente, a tarefa era tão difícil que ninguém ganhou o prêmio. No entanto, em 2009 a LaserMotive reivindicou o prêmio. A competição teve lugar na Edwards Air Force Base no Deserto de Mojave, na Califórnia. Um helicóptero sobrevoou o deserto, segurando um cabo longo. A equipe LaserMotive foi capaz de fazer o seu elevador subir o cabo, quatro vezes em dois dias, com o melhor tempo, sendo 3 minutos e 48 segundos. Então, todo o trabalho duro que eu tinha visto, finalmente valeu a pena para esses jovens engenheiros.

Naves

Até o final do século, mesmo apesar dos revezes recentes em fundos para missões espaciais tripuladas, os cientistas, provavelmente, criaram postos em Marte e

talvez no cinturão de asteroides. Em seguida, eles vão definir suas visitas em uma verdadeira estrela. Apesar de uma sonda interestelar estar irremediavelmente fora de alcance hoje, mas dentro de 100 anos, poderá se tornar uma realidade. O primeiro desafio é encontrar um novo sistema de propulsão. Para um foguete químico convencional, seriam necessários cerca de 70.000 anos para chegar à estrela mais próxima. Por exemplo, as duas sondas Voyager, lançadas em 1977, estabeleceram um recorde mundial para um objeto lançado ao espaço profundo. Elas têm alcançado atualmente cerca de 10 bilhões de quilômetros no espaço, mas apenas uma pequena fração do caminho para as estrelas.

Diversos projetos e sistemas de propulsão foram propostos para uma nave interestelar: Vela solar, Foguete nuclear, A fusão a jato, Nanochips. Eu tive a oportunidade de conhecer um dos visionários da vela solar quando eu visitei a NASA Plum Brook Station, em Cleveland, Ohio. Lá, os engenheiros construíram a maior câmara do mundo a vácuo para testar satélites espaciais. A câmara é verdadeiramente cavernosa: ela tem 100 metros de diâmetro e 122 metros de altura, grande o suficiente para conter vários prédios de vários andares e suficientemente grandes para testar satélites e partes de foguetes no vácuo do espaço. Caminhando para a câmara, eu me senti esmagado pela enormidade do projeto. Mas também me senti privilegiado por estar andando na mesma câmara onde muitos satélites, sondas e foguetes eram testados nos Estados Unidos. Lá, eu conheci um dos principais defensores da vela solar, o cientista da NASA, Les Johnson. Ele me disse que desde que ele era um garoto lendo ficção científica, ele sonhava em construir foguetes que poderiam alcançar as estrelas. Johnson já escreveu o livro básico sobre velas solares. Embora ele ache que possa ser realizado dentro de algumas décadas, ele está resignado com o fato de que uma nave real não deve ser construída muito tempo depois que ele falecer. Como os pedreiros que construíram as grandes catedrais da Idade Média, Johnson percebeu que pode levar vários períodos de vida humana para construir uma nave que pode chegar até ás estrelas. A vela solar tira vantagem do fato de que, embora a luz não tenha massa, tem dinâmica e, portanto, pode exercer pressão. Apesar de uma leve pressão a partir do sol ser extremamente pequena, pequena demais para ser sentida por nossas mãos, é suficiente para conduzir uma nave, se a vela é grande o bastante e se esperarmos o tempo suficiente. (A luz do sol é oito vezes mais intensa no espaço do que sobre a Terra). Johnson me disse que seu objetivo é criar uma vela solar gigante, feita de plástico muito fino, mas resistente. A vela seria longa, de vários quilómetros, e construída no espaço. Depois de montada, seria lentamente girada em torno do sol, vem ganhando cada vez mais quando ele se movesse. Após vários anos em órbita do sol, a vela ficaria fora do sistema solar e das estrelas. Essa vela solar, ele me disse, que poderia enviar uma sonda para 0,1 por cento da velocidade da luz e talvez chegar á estrela mais próxima, em 400 anos. A fim de reduzir o tempo necessário para alcançar as estrelas, Johnson debruçou-se sobre maneiras de adicionar um impulso extra à vela

solar. Uma possibilidade é colocar uma enorme bateria de lasers na Lua. Os feixes laser atingiriam a vela e lhe dariam um novo ímpeto enquanto navegasse para as estrelas. Um problema com uma espaçonave de vela solar- dirigível é que é difícil, parar e inverter, já que a luz se move para fora do sol. Uma possibilidade é inverter a direção da vela e usar a pressão a luz da estrela de destino para desacelerar a nave espacial. Outra possibilidade é navegar ao redor de estrelas distantes, usando a gravidade da estrela para criar um efeito estilingue para a viagem de regresso. E ainda outra possibilidade é a pousar em uma Lua, e construir baterias á laser, e em seguida, navegar de volta da luz das estrelas e para os feixes de laser a partir dessa Lua. Embora Johnson tenha sonhos estelares, ele percebe que a realidade é muito mais modesta. Em 1993, os russos implantaram um refletor de sessenta metros em Mylar no espaço a partir da estação espacial *Mir*, mas foi apenas para demonstrar a implantação. Uma segunda tentativa falhou. Em 2004, o Japão lançou com sucesso, dois protótipos de vela solar, mas novamente foram para testar a implantação, e não a propulsão. Em 2005, houve uma tentativa ambiciosa da *Planetary Society, Cosmos Studios*, e da Academia Russa de Ciências para implantar uma verdadeira vela solar, chamada Cosmos 1. Foi lançada de um submarino russo. No entanto, o foguete Volna falhou e não conseguiu atingir a órbita. E em 2008, uma equipe da NASA tentou lançar uma vela solar chamada NanoSail-D, mas foi perdida quando o Foguete Falcon 1 falhou. Mas, finalmente, em maio de 2010, a Agência de Exploração Aeroespacial do Japão lançou com sucesso o Ikaros, a primeira nave espacial a utilizar a tecnologia de vela solar em espaço interplanetário. Tem uma vela em forma de quadrado, 20 metros (60 pés), na diagonal, e utiliza a propulsão de vela solar para viajar em seu caminho até Vênus. Os Japoneses esperam eventualmente enviar outra nave a Júpiter usando a propulsão de vela solar.

O Foguete Nuclear

Os cientistas também consideraram o uso de energia nuclear para uma nave. A partir de 1953, a Comissão de Energia Atômica começou a olhar seriamente para os foguetes com reatores atômicos, começando com o Projeto Rover. Na década de 1950 e 1960, experimentos com foguetes nucleares acabaram em fracasso, principalmente porque eles tendem a ser instáveis e são muito complexos para se tratar adequadamente. Além disso, um reator de fissão comum, facilmente mostra que simplesmente não produz energia suficiente para conduzir uma nave espacial. Uma usina nuclear típica produz cerca de um bilhão de watts de potência, que são insuficientes para alcançar as estrelas. Mas na década de 1950, os cientistas propuseram a utilização de bombas atômicas e de hidrogênio, e sem os reatores, para conduzir uma nave espacial. O Projeto Orion, por exemplo, propôs um foguete por uma

sucessão de ondas de explosão nuclear de um fluxo de bombas atômicas. A nave cairia uma série de bombas atômicas a sua volta, criando uma série de poderosas explosões de raios-X. Esta onda de choque, então, empurraria a nave para frente.

Em 1959, os físicos da General Atomics estimaram que uma versão avançada da Orion que pesasse 8 milhões de toneladas, com um diâmetro de 400 metros, e seria alimentada por 1.000 bombas de hidrogênio. Um defensor entusiasta do projeto Orion foi o físico Freeman Dyson. *"Para mim, Orion significou a abertura de todo o sistema solar para a vida. Poderia mudar a história",* diz ele. Isto também teria sido uma maneira conveniente de se livrar das bombas atômicas. *"Com uma única viagem, nós nos livramos de 2.000 bombas"*, diz ele. O que matou o Projeto Orion, no entanto, foi o Tratado de Proibição Total de Testes Nucleares, de 1963, que proibia testes na aérea de armas nucleares. Sem testes, os físicos não poderiam aprimorar o design da Orion, e a ideia morreu.

Fusão a Jato

No entanto, outra proposta de um foguete nuclear foi feita por Robert W. Bussard em 1960, ele previu um mecanismo de fusão semelhante a um motor a jato comum. O motor lançaria bolas de ar na frente e depois de misturar com um combustível interno. Ao inflamar a mistura de ar em conjunto com o combustível, ocorreria uma explosão química que criaria o empuxo. Ele previu a aplicação do mesmo princípio básico de um motor de fusão. Em vez de escavar o ar, o motor de fusão a jato iria colher o gás de hidrogênio, que é encontrado em todo o espaço interestelar.

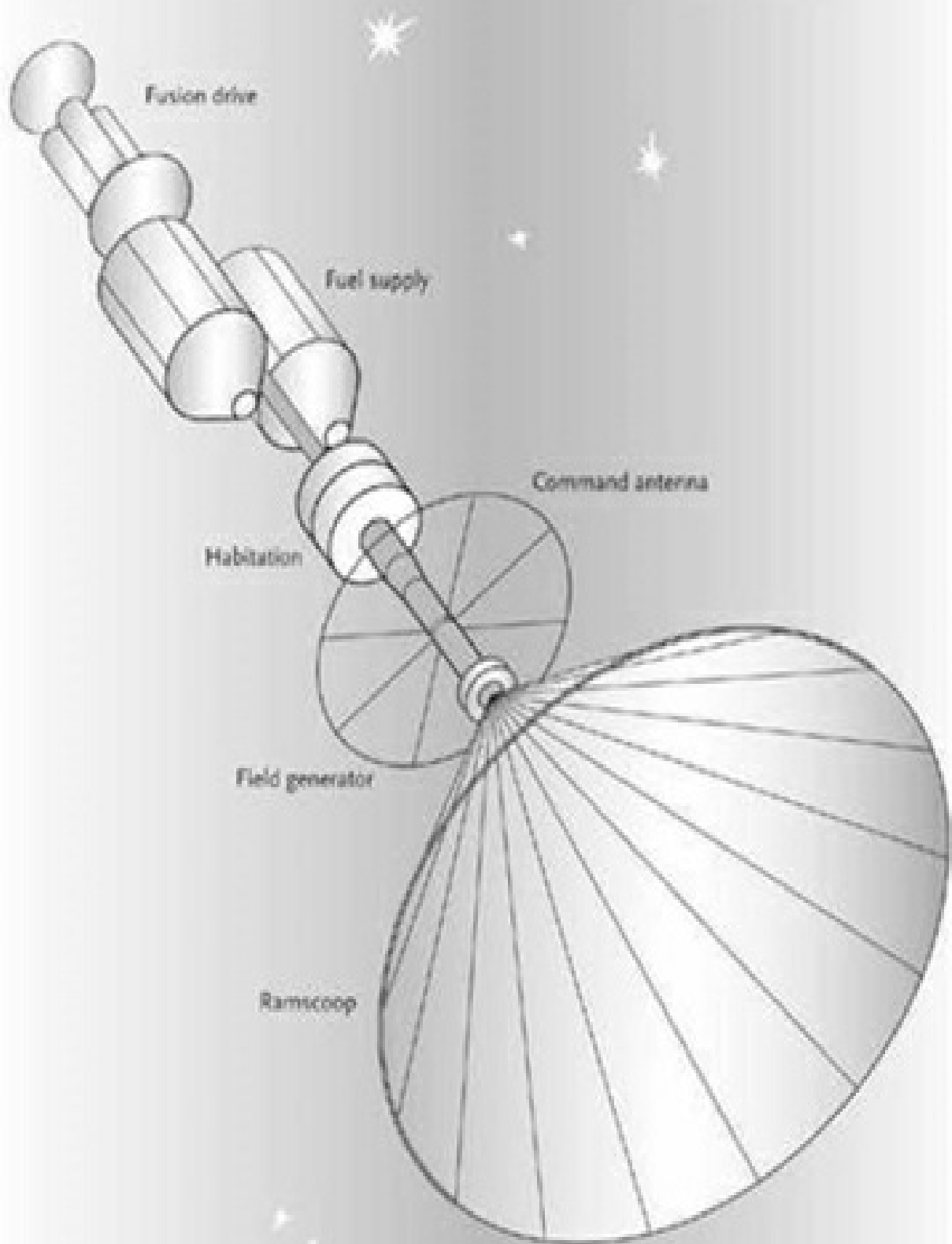
O gás hidrogênio seria espremido e aquecido por campos elétricos e magnéticos até o hidrogênio se fundir com o hélio, liberando enormes quantidades de energia no processo. Isto criaria uma explosão, que então criaria a pressão. Uma vez que há uma inesgotável fonte de hidrogênio no espaço profundo, o mecanismo de fusão á jato pode concebivelmente funcionar para todo o sempre.

Projetos como a fusão do foguete são como um sorvete de casquinha. Ao receber o gás de hidrogênio, que é enviado para dentro do motor, onde é aquecido e fundido com os átomos de hidrogênio. Bussard calculou que se um motor á jato de mil toneladas pudesse manter a aceleração de 32 metros por segundo ao quadrado (ou a gravidade sentida na Terra), então ele se aproximará de 77 por cento da velocidade da luz em apenas um ano. Desde que o motor á jato possa funcionar para sempre, que teoricamente poderia deixar a nossa galáxia e chegar à galáxia de Andrômeda, que fica á 2.000.000 anos-luz da Terra, em apenas 23 anos, medida pelos astronautas na nave espacial. (Como afirmado pela teoria da relatividade de Einstein, o tempo desacelera

em um foguete em excesso de velocidade, assim milhões de anos poderão ter passado na Terra, mas os astronautas enfrentariam apenas 23 anos).

Existem vários problemas que o motor a jato enfrenta. Em primeiro lugar, uma vez que, existe principalmente no espaço interestelar, o mecanismo de fusão que deve queimar o hidrogênio em combustível puro, que não produz tanta energia. (Há muitas maneiras de o hidrogênio se fundir. O método preferido na Terra é o deutério fundido em trítio, que tem um rendimento muito grande de energia. Mas no espaço, o hidrogênio é encontrado como um único próton e, portanto, motores á jato só podem se fundir com os prótons, que não produzem tanta energia como a fusão do deutério e do trítio.)

No entanto, Bussard mostrou que se modifica a mistura de combustível através da adição de algum carbono, o carbono atua como um catalisador para criar enormes quantidades de energia, suficientes para conduzir uma nave. Em segundo lugar, a colher ou espátula teria de ser enorme, *da ordem de 160 km*-, a fim de coletar hidrogênio suficiente, por isso teria de ser montada no espaço.

Fusion Rocket
Fusion drive
Fuel supply
Command antenna
Habitation
Field generator
Ramscoop

Um motor de fusão á jato, retira hidrogênio com a (espátula ou a colher) do espaço interestelar, que pode, teoricamente, funcionar eternamente.

Há outro problema que ainda está por resolver. Em 1985, os engenheiros Robert Zubrin e Dana Andrews mostraram que a resistência sentida pelo motor á jato seria grande o suficiente para impedi-lo de acelerar a velocidade próxima á da luz. O arrasto é causado pela resistência que a nave encontra quando ela se move em um campo de átomos de hidrogênio.

No entanto, o seu cálculo se baseia pesadamente em certas premissas que pode não se aplicar a projetos a jato do futuro. Atualmente, até que tenhamos uma melhor compreensão do processo de fusão (e também dos efeitos de se arrastar íons no espaço), o júri é ainda contra em relação aos motores de fusão á jato. Mas, se estes problemas de engenharia puderem ser resolvidos, então o foguete de fusão a jato estará definitivamente na lista.

Foguetes Antimatéria

Outra possibilidade distinta é usar a maior fonte de energia do universo, a antimatéria, para agilizar a sua nave espacial. A antimatéria é o oposto da matéria, com a carga oposta, por exemplo, um elétron tem carga negativa, mas a antimatéria do elétron (o pósitron) tem carga positiva. Ele também irá aniquilar em contato com a matéria ordinária. Na verdade, uma colher de chá de antimatéria tem energia suficiente para destruir toda a área metropolitana de Nova York. A antimatéria é tão poderosa que se os vilões do romance Anjos e Demônios de Dan Brown tivessem de construir uma bomba para explodir o Vaticano usariam a antimatéria roubada do CERN, perto de Genebra, na Suíça. Ao contrário de uma bomba de hidrogênio, que tem apenas 1 por cento de eficiência, uma bomba de antimatéria seria 100 por cento eficaz, convertendo matéria em energia por meio de equação de Einstein $E = mc2$. Em princípio, a antimatéria faz com que esta seja o combustível de foguete ideal para uma nave espacial. Gerald Smith, da Universidade Estadual da Pensilvânia estima que 4 mg de antimatéria nos levaria á Marte, e talvez uma centena de gramas nos levasse às estrelas próximas. Libra por libra, ela liberaria um bilhão de vezes mais energia que o combustível de foguete. Um motor de antimatéria seria bastante simples. Basta deixar um fluxo contínuo de partículas de antimatéria para baixo da câmara de foguetes, onde combina com a matéria comum e causaria uma explosão titânica. O que é explosivo, em seguida, dispararia uma extremidade da câmara, criando pressão.

Ainda estamos muito longe desse sonho. Até agora, os físicos foram capazes de criar antielétrons e antiprótons, assim como os átomos antihidrogênio, com antielétrons circulando e antiprótons. Isso foi feito no CERN e também no Fermi National Accelerator Laboratory (Fermilab), nos arredores de Chicago, na sua Tevatron, o segundo maior esmagador de átomos, ou acelerador de partículas, do mundo (perdendo apenas para o Large Hadron Collider do CERN). Os físicos em ambos os laboratórios colidiram um feixe de partículas de alta energia em um alvo, criando uma chuva de detritos que continha antiprótons. Ímãs poderosos eram usados para a antimatéria em separado da matéria ordinária. Estas foram, então, antiprótons abrandados e antielétrons podiam se misturar com eles, criando átomos antihidrôgenio.

Um homem que tem pensado muito sobre os aspectos práticos da antimatéria é Dave McGinnis, um físico do Fermilab. Enquanto eu estive em pé ao lado do Tevatron, ele me explicou a economia assustadora da antimatéria. A única maneira conhecida de produzir quantidades estáveis de antimatéria enfatizou para mim, é usar um esmagador de átomo como o Tevatron, estas máquinas são extremamente caras e produzem apenas quantidades minúsculas de antimatéria. Por exemplo, em 2004, o esmagador de átomo do CERN produziu vários bilionésimos de um grama de antimatéria, a um custo de US $ 20 milhões. Nessa taxa, que levaria à falência de todo a economia da Terra para

produzir antimatéria suficiente para abastecer uma nave espacial. Os motores de antimatéria, ele frisou para mim, não são um conceito rebuscado. Eles estão certamente, dentro das leis da física. Mas o custo de construção de um, seria proibitivo para o futuro próximo.

Uma razão é a antimatéria ser tão proibitivamente cara é porque os quebradores de átomos necessários para produzi-lo são notoriamente caros. No entanto, esses quebradores de átomos são máquinas para todos os fins, projetadas principalmente, para a produção de exóticas partículas subatômicas quando não, as partículas de antimatéria mais comuns. Eles são ferramentas de pesquisa, e não máquinas comerciais. É concebível que os custos poderiam ser reduzidos consideravelmente se desenhassem um novo tipo de smasher de átomo especificamente para produzir grandes quantidades de antimatéria. Então, pela produção em massa de essas máquinas, seria possível criar quantidades consideráveis de antimatéria. Harold Gerrish da NASA acredita que o custo de antimatéria poderia eventualmente cair para US $ 5.000 por micrograma.

Outra possibilidade reside na descoberta de um meteorito de antimatéria no espaço sideral. Se um objeto que foi encontrado, ele poderia fornecer energia suficiente para abastecer uma nave. De fato, o satélite europeu PAMELA (*Payload (carga útil) para Exploração de Antimatéria e Astrofísica de Núcleos Leves) foi lançado em 2006 especificamente para procurar antimatéria natural no espaço sideral. Se grandes quantidades de antimatéria se encontrassem no espaço, pode-se imaginar usando grandes redes eletromagnéticas para cobrá-lo.

Assim, embora os foguetes interestelares de antimatéria estiverem, certamente, dentro das leis da física, pode levar até ao fim do século, para diminuir o custo. Mas se isso pode ser feito, então foguetes antimatéria estariam no topo da lista de todas as naves.

Nanochips

Quando estamos deslumbrados com os efeitos especiais de *Star Wars* ou *Star Trek*, nós imediatamente imaginamos uma enorme nave futurista eriçada com toda a tecnologia top de linha. Ainda outra possibilidade reside no uso da nanotecnologia para criar naves pequenas, talvez não maiores que um dedal, uma agulha, ou mesmo ainda menores. Nós temos esse preconceito de que uma nave espacial deve ser enorme, como a *Enterprise*, e ser capazes de suportar uma tripulação de astronautas. Mas as funções essenciais de uma Starship que pode ser miniaturizada pela nanotecnologia para que, talvez milhões de nanoships minúsculos possam ser lançados para as estrelas mais

próximas, e fazer apenas uma fração do que pode ser feito. Quando eles chegam a uma lua próxima, eles podem criar uns fábricas para fazer cópias ilimitadas de si mesmos.

Vint Cerf, um dos originais criadores da internet, previu que os nanoships minúsculos que poderiam explorar não apenas o sistema solar, mas, eventualmente, até as próprias estrelas. Ele diz: *"A exploração do sistema solar vai se tornar mais eficaz através da construção de pequenos, mas poderosos dispositivos em escala nanométrica que sejam fáceis de transportar e entregar para a superfície, abaixo da superfície, e na atmosfera dos planetas e satélites vizinhos... Pode-se até mesmo extrapolar essas possibilidades para a exploração interestelar".*

Na natureza, os mamíferos produzem descendentes apenas alguns e se certificam que todos sobrevivam. Os insetos produzem grandes quantidades de crias, mas apenas uma pequena fração sobrevive. Ambas as estratégias podem manter a espécie viva por milhões de anos. Da mesma forma, em vez de enviar uma nave única cara para as estrelas, pode-se enviar milhões de naves pequenas, cada uma custando um centavo e exigindo muito pouco combustível para foguetes. Este conceito é padronizado após uma estratégia muito bem sucedida encontrados na natureza: o enxame. Pássaros, abelhas e outros animais voadores voam em bandos ou enxames. Não só há segurança em números, mas o enxame também atua como um sistema de alerta precoce. Se um distúrbio perigoso acontece em uma parte do enxame, como um ataque de um predador, a mensagem é rapidamente transmitida para o restante do enxame. Eles também são bastante eficientes em energia. Quando os pássaros voam em num característico padrão V, do velório e turbulência criada por esta formação reduzem a energia necessária para cada ave voar.

Cientistas caracterizam um enxame como um "superorganismo", uma que parece ter uma inteligência própria, independente das habilidades de um único individua. As formigas, por exemplo, têm um sistema nervoso muito simples e um cérebro minúsculo, mas juntos podem criar formigueiros complexos. Os cientistas esperam incorporar algumas dessas lições da natureza através da concepção de swarm-bots que poderiam um dia viajar a outros planetas e estrelas. Isso é semelhante ao conceito hipotético de poeira inteligente sendo perseguida pelo Pentágono: bilhões de partículas emitidas no ar, cada uma com minúsculos sensores para fazer o reconhecimento. Cada sensor não é muito inteligente, mas coletivamente eles podem retransmitir de volta montanhas de informação. O DARPA do Pentágono tem financiado esta pesquisa para possíveis aplicações militares, como o acompanhamento das posições inimigas no campo de batalha. Em 2007 e 2009, a Força Aérea lançou tomadas de posição detalhando os planos para as próximas décadas, descrevendo tudo de versões avançadas do Predator (que hoje custam U$$ 4,5 milhões dólares cada) de enxames de pequenos sensores menores do que moedas de um centavo. Os cientistas também estão interessados no conceito. Eles podem querer pó de spray inteligente para monitorar instantaneamente milhares de locais em furacões, tempestades, erupções

vulcânicas, terremotos, inundações, incêndios florestais, e outros fenômenos naturais. No filme *Twister*, por exemplo, vemos um bando de Caçadores de Tempestades radicais arriscando a vida para colocar sensores em torno de um tornado. Isso não é muito eficiente. Em vez de ter um punhado de cientistas colocando alguns sensores durante uma erupção vulcânica ou tornado para medir a temperatura, umidade e velocidade do vento, a poeira inteligente pode dar-lhe dados de milhares de diferentes posições de uma só vez ao longo de centenas de quilômetros. Quando alimentado em um computador, estes dados podem instantaneamente lhe dar informações em tempo real sobre a evolução de um furacão ou um vulcão em três dimensões. Os empreendimentos comerciais já foram criados para comercializar esses sensores minúsculos, alguns não maiores do que a cabeça de um alfinete. Outra vantagem dos nanoships é que eles exigem muito pouco combustível para enviá-los para o espaço. Em vez de usar enormes foguetes propulsores que podem atingir apenas 25.000 milhas por hora, é relativamente fácil de enviar pequenos objetos no espaço a velocidades incríveis. Na verdade, é fácil de enviar partículas subatômicas, perto da velocidade da luz usando campos elétricos comuns. Estas nanopartículas levam uma pequena carga elétrica e podem ser facilmente acelerados por campos elétricos. Em vez de usar enormes recursos para enviar uma sonda à Lua ou outro planeta, a sonda única pode ter a capacidade de se auto replicar, e assim criar uma fábrica inteira ou mesmo forma Uma base lunar. Estas sondas auto replicantes poderiam decolar para explorar outros mundos. (O problema é criar a primeira nanosonda auto-replicante, que ainda é coisa de um futuro distante).

Em 1980, a NASA teve a ideia de sondas robóticas auto replicantes sérias o suficiente para convocar um estudo especial, chamado Advanced Automation para as Missões do Espaço, que foi realizado na Universidade de Santa Clara e percebeu várias possibilidades. Uma explorada por cientistas da NASA era enviar pequenos, robôs auto-replicantes para a Lua. Lá, o robô iria utilizar o solo e criar cópias ilimitadas de si mesmo. A maior parte do relatório foi dedicada aos detalhes de construção de uma fábrica de produtos químicos para processar rochas lunares (chamadas de regolitos). O robô, por exemplo, pode em terrenos na Lua, desmontar-se, e em seguida, reorganizar suas peças para criar uma nova fábrica, bem como um robô transformador de brinquedo. Por exemplo, o robô pode criar grandes espelhos parabólicos para focalizar a luz solar e começar a derreter os regolitos. Seria então o uso de ácido fluorídrico baixando para começar a processar os regolitos para extrair minerais e metais utilizáveis. Os metais poderiam então ser fabricados em uma base lunar. Eventualmente, o robô pode construir uma pequena fábrica na lua para se reproduzir. Com base neste relatório, em 2002, o Instituto da NASA para Conceitos Avançados começou a financiar uma série de projetos com base nesses robôs auto-replicantes. Um cientista que levou a sério a proposta de uma nave em um chip é Mason Peck, da Universidade de Cornell. Eu tive a oportunidade de visitar Peck em seu laboratório, onde você poderá ver sua bancada cheia de componentes que poderão

eventualmente ser enviados em órbita. Avançar para sua bancada era uma sala pequena e limpa, com paredes cobertas com plástico, onde os componentes são montados delicadamente no satélite. Sua visão da exploração do espaço é bastante diferente da que nos foi dada por filmes de Hollywood. Ele vislumbra um microchip, de um centímetro de tamanho e um grama de peso, que pode ser acelerado de 1 por cento a 10 por cento da velocidade da luz. Ele aproveita o efeito estilingue que a NASA utiliza para lançar naves a velocidades enormes. Esta gravidade auxiliar de manobra envolve o envio de uma nave espacial em torno de um planeta, como uma pedra de estilingue, assim usando a gravidade do planeta para aumentar a velocidade da espaçonave. Mas, em vez da gravidade, Peck quer usar essas forças magnéticas. Sua ideia é enviar uma nave espacial microchip girando em torno do campo magnético de Júpiter, que é 20.000 vezes maior que o campo da Terra. Ele planeja acelerar seu nanostarship com a força magnética que é usada para atirar partículas subatômicas em trilhões de elétron-volts em nossos quebradores de átomos. Ele me mostrou um chip de amostra que ele pensou que um dia possam ser lançados ao redor de Júpiter. Era uma praça pequena, menor do que a ponta do dedo, repletos de circuito científico. Sua nave seria simples. De um lado do chip, há uma célula solar para fornecer energia para a comunicação. Por outro lado, existe um transmissor de rádio, câmera e outros sensores. O dispositivo não tem motor, já que é movido usando apenas o campo magnético de Júpiter. (Da NASA Institute for Advanced Concepts, que financiou esta e outras propostas inovadoras para o programa espacial desde 1998, infelizmente foi fechado em 2007 devido a cortes orçamentais). Então, a visão Peck, de uma nave espacial é um desvio acentuado do habitual encontrada na ficção científica, onde naves enormes de madeira no espaço pilotada por uma tripulação de astronautas ousada. Por exemplo, se uma base for criados em uma lua de Júpiter, em seguida, dezenas destes minúsculos chips poderiam ser tirados de órbita em torno desse planeta gigante. Se uma bateria de canhões a laser também foram construídos sobre esta lua, em seguida, esses chips poderiam ser acelerados batendo-lhes com raio laser, aumentando a sua velocidade até chegar a uma fração da velocidade da luz. Eu fiz pra ele então uma simples pergunta: É possível reduzir as suas fichas para o tamanho das moléculas usando a nanotecnologia? Então, ao invés de usar os campos magnéticos de Júpiter para acelerar esses chips, você poderia usar quebradores de átomos com base na nossa lua sondas de fogo moleculares de tamanho em velocidade próxima à da luz. Ele concordou que esta seria uma possibilidade real, mas que ele não tinha trabalhado os detalhes ainda. Então, a gente pegou uma folha de papel e, juntos, começamos a pôr em marcha as equações para esta possibilidade. (Isto é como nós pesquisadores interagimos uns com os outros, ao ir para o quadro-negro ou tirando uma folha de papel para resolver um problema por escrever as equações.) Nós escrevemos as equações para a Força de Lorentz, que Peck usa para acelerar as suas fichas em torno de Júpiter, mas depois reduziu as fichas para o tamanho das moléculas e as colocou em um acelerador hipotético semelhante ao

Large Hadron Collider do CERN. Poderíamos ver rapidamente que as equações em que essa nano starship pode acelerar a uma velocidade próxima à da luz, usando apenas um smasher de átomo convencional baseado na lua. Porque nós estávamos reduzindo o tamanho da nossa nave a partir de um chip para uma molécula, que pode reduzir o tamanho do nosso acelerador do tamanho de Júpiter a um acelerador de átomo convencional. Parecia que essa ideia era uma possibilidade real. Mas depois de analisar as equações, ambos concordaram que o único problema foi à estabilidade destas nano starships delicadas. Será que a aceleração eventualmente rasgaria estas moléculas distantes? Como uma bola girando em torno de uma corda, essas moléculas iriam experimentar as forças centrífugas que seriam aceleradas com velocidades próxima a da luz. Além disso, essas moléculas poderiam ser carregadas eletricamente, de modo que as forças elétricas pudessem rasgá-los. Nós dois concluímos as nano naves eram uma possibilidade concreta, mas pode demorar décadas de mais pesquisas para reduzir chips Peck ao tamanho de uma molécula e reforçá-las para que elas não se desintegrem quando ela acelerasse a velocidades próximas a da luz. Então o sonho Mason Peck é enviar um enxame de naves para a estrela mais próxima, esperando que alguns deles realmente fizeram-no através do espaço interestelar. Mas o que eles fariam quando elas chegassem? Este é o local onde o trabalho de Zhang Pei da Carnegie Mellon University em Silicon Valley ele criou uma frota de mini-helicópteros que poderão um dia acabar em outro planeta. Ele me mostrou orgulhosamente a sua frota de swarm-bots, que lembram em muito os helicópteros de brinquedo. Mas a aparência é enganosa. Eu podia ver que o centro de cada chip era um circuito repleto e sofisticado. Com um toque de um botão, ele lançou quatro nadadores-robôs no ar, onde voou em todas as direções e enviado de volta a informação. Logo, eu estava cercado por swarm-bots. O objetivo deste enxame de robôs, ele me disse, é crucial para prestar assistência em emergências, como incêndios e explosões, fazendo o reconhecimento e a vigilância. Eventualmente, este enxame de robôs poderia ser equipado com câmeras de TV e sensores que detectassem a temperatura, pressão, direção do vento, etc., informações que possam revelar-se fundamentais durante uma emergência. Milhares de swarm-bots poderiam ser liberados ao longo de um campo de batalha, um incêndio, ou mesmo um terreno extraterrestre. Estes enxame-robôs também se comunica uns com os outros. Se um deles atinge um obstáculo, rádios as informações para os enxames robôs dos outros. Assim, uma visão da viagem espacial pode ser que milhares de baratas, descartáveis chips desenvolvido por pessoas como Mason Peck são disparados contra a estrela mais próxima quase à velocidade da luz. Depois de um punhado deles chegarem ao seu destino, eles criam asas e pás e voam sobre o terreno alheio, como Zhang Pei com a frota de enxames robôs . Eles, então, enviaria informações de rádio para a Terra. Uma vez que os planetas promissores fossem encontrados, uma segunda geração de robôs poderiam ser enviados para criar fábricas sobre estes planetas, em seguida, criar mais

cópias destes enxames-de robôs, que em seguida voariam para o próximo planeta. Em seguida, o processo continuaria indefinidamente.

Êxodo na Terra?

Em 2100, é provável que tenhamos que enviar os astronautas para Marte e para o cinturão de asteroides, e explorar as luas de Júpiter, e começar os primeiros passos para enviar uma sonda para as estrelas. Mas o que acontecerá com a humanidade? Teremos colônias espaciais para aliviar a população do mundo, encontrando um novo lar no espaço? A raça humana começaria a deixar a Terra em 2100? Não. Tendo em conta o custo, mesmo em 2100 e além, a maioria da raça humana não seguirão á bordo de uma nave espacial para visitar os outros planetas. Apesar de um punhado de astronautas criarem postos minúsculos entre os planetas, a humanidade vai ficar presa á Terra. Dado o fato de que a Terra será o lar da humanidade por séculos, isso levanta outra questão: Como é que a própria civilização evoluiu? Como será que a ciência afeta a nossa vida, nosso trabalho e nossa sociedade? A ciência é o motor da prosperidade, assim como irá remodelar civilização e a riqueza no futuro?

"Tecnologia e ideologia estão agitando a fundamentação do século vinte e um do capitalismo. A tecnologia está tornando as habilidades e o conhecimento às únicas fontes de vantagem estratégica sustentável". - Lester Thurow.

Capítulo 7

O Futuro da Riqueza: Os Vencedores e os Perdedores

-

Na mitologia, a ascensão e queda dos grandes impérios dependem da força e astúcia de um dos exércitos. Os grandes generais do Império Romano adoravam no templo de Marte, o deus da guerra, um momento antes decisivo das campanhas militares. As façanhas do lendário Thor inspiraram os Vikings nas suas batalhas heroicas. Os antigos construíram enormes templos e monumentos dedicados aos deuses, comemorando vitórias na batalha contra seus inimigos. Mas quando analisamos o aumento real e o declínio das grandes civilizações, encontramos uma história completamente diferente. Se você fosse um alienígena visitando a Terra vinda de Marte no ano de 1500 e visto por todas as grandes civilizações, o que você acha que acabaria por dominar a palavra? A resposta seria fácil: qualquer civilização, mas o europeu.

No leste, você verá que a grande civilização chinesa, que perdurou por milênios. A longa lista de invenções pioneiras feitas pelos chineses é sem paralelo: o papel, a impressão de imprensa, pólvora, a bússola, etc. Seus cientistas são os melhores do planeta. Seu governo é unificado e do continente está em paz.

No sul, você tem o Império Otomano, que entrou em um triz de dominar a Europa. A grande civilização muçulmana inventou a álgebra, produziu avanços em óptica e física, e deu nome às estrelas. Arte e ciência floresceram. Seus grandes exércitos não enfrentam oposição credível. Istambul é um dos grandes centros do mundo para a aprendizagem científica. Então você tem os lamentáveis países europeus, que são assolados pelo fundamentalismo religioso, julgamentos de bruxas e da Inquisição. A Europa Ocidental, em queda acentuada por mil anos desde o colapso do Império Romano, é tão para trás que é um importador líquido de tecnologia. É um buraco negro medieval. A maior parte do conhecimento do Império Romano, há muito desapareceu substituído pela asfixia do dogma religioso. Oposição ou discordância frequentemente se reuniam com a tortura ou pior. Além disso, a cidades-estados da Europa estão constantemente em guerra umas com os outras. Mas então o que aconteceu? Ambos os chineses e o grande império Otomano estariam entrando em um período de 500 anos de estagnação tecnológica, enquanto a Europa estava começando um abraço inédito da ciência e da tecnologia.

Começando em 1405, o imperador Yongle da China ordenou uma armada naval maciça, a maior que o mundo já tinha visto, para explorar o mundo. (Os três insignificantes navios militares de Colombo teriam de encaixar muito bem no deck de

apenas um destes navios colossais.) Sete expedições maciças foram lançadas, e cada uma maior do que a anterior. Esta frota navegou ao redor da costa do sudeste da Ásia e atingiu a África, Madagascar, e talvez até mesmo mais, além disso. A frota trouxe de volta uma recompensa rica de bens, iguarias e animais exóticos de regiões distantes da terra. Há notáveis xilogravuras de antigas girafas africanas em desfile em um zoológico da Dinastia Ming. Mas os governantes da China também foram desapontados. Era aquilo tudo o que havia? Onde estavam os grandes exércitos que poderia rivalizar com os chineses? Eram as comidas exóticas e todos os animais estranhos que o resto do mundo podia oferecer? Perdendo o interesse, os governantes subsequentes da China deixaram sua grande frota naval cair em decadência e, eventualmente, foi queimada. A China se isolou do mundo exterior, se estagnou, e resto do mundo avançou. Uma atitude semelhante liquidada no Império Otomano. Tendo conquistado a maior parte do mundo que eles conheciam os otomanos isolados, pelo fundamentalismo religioso e vieram outros séculos de estagnação. Mahathir Mohamad, o ex-primeiro ministro da Malásia, disse: *"A grande civilização Islâmica começou a diminuir, quando os estudiosos muçulmanos interpretaram a aquisição de conhecimento, como ordenado pelo Alcorão, que quer dizer só o conhecimento da religião, e que outros tipos de conhecimento eram anti-islâmicos. Como resultado, os muçulmanos que, nos deram o estudo da ciência, matemática, medicina e outras chamadas de disciplinas mundanas. Em vez disso, eles passaram muito tempo debatendo sobre os ensinamentos islâmicos e interpretações, de jurisprudência islâmica e práticas islâmicas, o que levou a uma ruptura da Ummah e a fundação de numerosas seitas, cultos e escolas".* Na Europa, entretanto, um grande despertar estava começando. O comércio trouxe ideias novas e revolucionárias, aceleradas pela imprensa de Gutenberg. O poder da Igreja começou a se enfraquecer após um milênio de dominação. As universidades lentamente voltaram sua atenção para longe de interpretar as obscuras passagens da Bíblia para começarem a aplicar a física de Newton e a química de Dalton e outros. O historiador Paul Kennedy, da Yale acrescenta mais um fator da ascensão meteórica da Europa: o constante estado de guerra entre as potências europeias quase iguais, nenhuma dos quais poderia dominar o continente. Monarcas, constantemente em guerra uns com os outros, a ciência e a engenharia financiadas para continuar as suas ambições territoriais. A ciência não era apenas um exercício acadêmico, mas uma maneira de criar novas armas e novos caminhos da riqueza. Logo, a ascensão da ciência e da tecnologia na Europa começou a enfraquecer o poder da China e do Império Otomano. A civilização muçulmana, que tinha prosperado por séculos como uma porta de entrada para o comércio entre o Oriente e o Ocidente, vacilou como falsos marinheiros europeus das rotas de comércio para o Novo Mundo e Oriente, especialmente ao redor da África, contornando o Oriente Médio. E a China viu-se sendo esculpidos pelas canhoneiras Europeias que, ironicamente, que explorou dois pivôs das invenções chinesas como a pólvora e a bússola.

A pergunta à resposta é "*O que aconteceu?* " É claro. A ciência e a tecnologia aconteceram. Ciência e tecnologia são os motores da prosperidade. Claro, qualquer um é livre para ignorar a ciência e tecnologia, mas apenas em seu próprio prejuízo. O mundo não para porque você está lendo um texto religioso. Se você não dominar a mais recente ciência e tecnologia, ou então essas se tornarão suas concorrentes.

O Domínio das Quatro Forças

Mas, exatamente o que fez a Europa, com o cavalo escuro, de repente a China do passado e do mundo muçulmano, depois de séculos de ignorância? Há tanto fatores sociais como tecnológicos nesta virada notável. Ao analisar a história do mundo depois de 1500, percebe-se que a Europa estava madura para o próximo grande avanço, com o declínio do feudalismo, o surgimento de uma classe dos comerciantes, e os ventos vibrantes do Renascimento. Os físicos, contudo, ver esta grande transição através das lentes das quatro forças fundamentais que governam o universo. Estas são as forças fundamentais que podem explicar tudo ao nosso redor, de máquinas, a foguetes e bombas para as estrelas e o próprio universo. Alterando as tendências sociais podem ter o cenário para essa transição, mas foi o domínio dessas forças na Europa que finalmente haviam impulsionado para frente das potências mundiais.

A primeira força é a gravidade, o que nos mantém ancorados ao solo, evita o sol explodindo, e mantém o sistema solar junto. A segunda é a força eletromagnética, que ilumina as nossas cidades, energiza nossos dínamos e motores, e os nossos poderosos de lasers e computadores. A terceira e a quarta são as forças nucleares fracas e fortes, que mantêm o núcleo do átomo unido, a luz das estrelas nos céus, e criar o fogo nuclear no centro de nosso sol. Todas as quatro forças foram desvendadas na Europa. Todas as vezes que uma dessas forças foi entendida pelos físicos, a história da humanidade mudou, e na Europa era o ideal para explorar esse novo conhecimento.

Quando Isaac Newton testemunhou que uma maçã caiu e olhou para a lua, ele fez uma pergunta que mudou para sempre a história humana: Se uma maçã pode cair, então a lua também pode cair? Em um brilhante golpe de visão quando tinha 23 anos de idade, ele percebeu que as forças que pegavam uma maçã são as mesmas que se estendem para os planetas e cometas no céu. Isso permitiu- lhe aplicar a nova matemática ele tinha acabado de inventar, o cálculo, para traçar a trajetória dos planetas e luas, e pela primeira vez decodificou os movimentos dos céus. Em 1687, ele publicou sua obra-prima, *Principia*, indiscutivelmente o livro mais importante de ciência jamais escrita, o número 1 do ranking entre os livros mais influentes de toda a história humana. Mais importante Newton introduziu uma nova maneira de pensar, um mecanismo através do qual pode- se calcular o movimento dos corpos em movimento através de forças. Não estávamos sujeitos aos caprichos dos espíritos, demônios e

fantasmas, em vez de objetos movidos por forças bem definidas que possam ser medida s e aproveitadas. Isso levou a mecânica newtoniana, pelo qual os cientistas puderam prever com precisão o comportamento das máquinas, o que por sua vez, abriu o caminho para a máquina a vapor e a locomotiva. A intrincada dinâmica do complexo de máquinas a vapor pode ser discriminada de forma sistemática, parafuso por parafuso, e alavanca por alavanca, por leis de Newton. Assim, a descrição da gravidade de Newton ajudou a pavimentar o caminho para a Revolução Industrial na Europa. Então, em 1800, novamente na Europa, Michael Faraday, James Clerk Maxwell, e outros aproveitaram a segunda grande força, o eletromagnetismo, que inaugurou a próxima grande revolução. Quando Thomas Edison construiu geradores na Pearl Street Station, em Lower Manhattan e eletrizou a primeira rua na Terra, ele abriu a porta de entrada para a eletrificação de todo o planeta. Hoje, a partir do espaço exterior, podemos ver a Terra à noite, com continentes inteiros. Olhando para a Terra do espaço, qualquer extraterrestre imediatamente perceberia que os terráqueos tinham dominado o eletromagnetismo. Nós apreciamos e nossa dependência em qualquer momento que houver um apagão de energia. Em um instante, de repente somos lançados a mais de 100 anos para trás no passado, sem cartões de crédito, computadores, luzes, elevadores, TV, rádio, internet, motores, etc. Por último, as forças nucleares, que também dominada por cientistas europeus, estão mudando tudo ao nosso redor. Não só podemos desvendar os segredos dos céus, revelar a fonte de energia que aciona as estrelas, mas também podemos desvendar o espaço interior, usando esse conhecimento para a medicina através da RM, CAT e PET; radioterapia e medicina nuclear. Porque as forças nucleares governam o imenso poder armazenado dentro do átomo, as forças nucleares, em última análise podem determinar o destino da humanidade, se vamos prosperar, aproveitando o poder ilimitado da fusão ou morrer em um inferno nuclear.

Quatro estágios da tecnologia

A combinação da mudança das condições sociais e do domínio das quatro forças impelidas na Europa na vanguarda das nações. Mas as tecnologias estão dinâmicas, mudando o tempo todo. Elas nascem, evoluem e sobem e descem. Para ver como tecnologias as específicas iriam mudar no futuro próximo, é útil para ver como as tecnologias de obedecer a certas leis da evolução. Mais as tecnologias evoluem geralmente em quatro etapas básicas. Isto pode ser visto na evolução do papel, água encanada, energia elétrica e computadores. Na fase I, os produtos de tecnologia são tão preciosos que são muito bem guardados. O livro, quando ele foi inventado em forma de papiro pelos antigos egípcios e seguido pelos chineses a milhares de anos atrás, era tão preciosos que um rolo de papiro era vigiado de perto por dezenas de sacerdotes. Esta humilde tecnologia ajudou a colocar em movimento a antiga civilização.

O livro entrou em estágio II em 1450, quando Gutenberg inventou a impressão com tipos móveis. Isto tornou possível o "livro pessoal", de modo que uma pessoa poderia possuir um livro contendo o conhecimento de centenas de pergaminhos. Antes de Gutenberg, havia apenas 30 mil livros em toda a Europa. Por volta de 1500, havia 9.000 mil livros, remexendo intensa efervescência intelectual e estimulando a Renascença. Mas por volta de 1930, o papel atingiu a fase III, quando o custo caiu a um centavo por folha. Isso fez com que a biblioteca pessoal se tornasse possível, onde uma pessoa pode possuir centenas de livros. O livro tornou-se uma mercadoria comum, vendido por tonelada. O livro está em toda parte e em lugar nenhum, invisível e onipresente. Agora estamos no estágio IV, onde o papel é uma questão de moda. Nós decoramos o nosso mundo com o papel de todas as cores, formas e tamanhos. A maior fonte de lixo urbano é de papel. Tanto papel evoluiu de ser uma mercadoria muito bem guardada para virar resíduo.

O mesmo se aplica à água corrente. Nos tempos antigos, na fase I, a água era tão preciosa que um único poço tinha que ser compartilhado por toda uma aldeia. Isso durou milhares de anos, até o início de 1900, quando o encanamento pessoal foi gradualmente introduzido e entramos na fase II. Após a Segunda Guerra Mundial, correndo a água entrou em estágio III e tornou-se barata e disponível para uma classe média em expansão. Hoje, a água corrente está no estágio IV, uma declaração de moda, aparecendo em inúmeras formas, tamanhos e aplicações. Nós decoramos o nosso mundo com água, sob a forma de fontes e displays. A eletricidade também passou pelos mesmos estágios. Com o trabalho pioneiro de Thomas Edison e outros, na fase I de uma fábrica compartilhada uma única lâmpada e motor elétrico. Após a I Guerra Mundial, entramos em fase II, com as lâmpadas pessoais e motores pessoais. Hoje, a eletricidade desapareceu, ele está em toda parte e em lugar nenhum. Mesmo a palavra "eletricidade" é praticamente desapareceu do idioma Inglês. No Natal, nós usamos centenas de luzes piscando para decorar as nossas casas. Assumimos que a eletricidade esteja escondida nas paredes, onipresente. A eletricidade é uma questão de moda, iluminando e decorando a Broadway que é do nosso mundo. No estágio IV, eletricidade e água corrente, se tornaram de utilidade pública. Eles são tão baratos, e que nós consumimos tanto deles, que a quantidade de metros eletricidade e água que corre em nossa casa são desmedidas.

O computador segue o mesmo padrão. As empresas que compreenderam isso prosperaram e progrediram. As empresas que não foram levados quase à falência. A IBM dominou a fase I com o computador mainframe em 1950. Um computador mainframe era tão precioso que foi partilhado por 100 cientistas e engenheiros. No entanto, a gestão da IBM deixou de apreciar a lei de Moore, de modo que quase faliu quando entramos na fase II década de 1980, com o advento do computador pessoal.
Mas mesmo os fabricantes de computadores pessoais têm complacentes. Eles imaginaram um mundo com computadores autônomos em cada mesa. Eles foram pegos

de guarda com a vinda da terceira fase, os computadores ligados à Internet através da qual cada pessoa pode interagir com milhares de computadores. Hoje, o único lugar onde você pode encontrar um computador stand-alone está em um museu. Assim, o futuro do computador é eventualmente entrar na fase IV, onde ele desaparece e fica ressuscitando como uma declaração de moda. Vamos decorar a nossa mesa mundial de computadores. A palavra computador em breve desaparecerá gradualmente do idioma Inglês. No futuro, a maior parte dos resíduos urbanos não vai ser o papel, mas chips. O futuro computador está desaparecendo e tornar-se um utilitário, é vendido como água e eletricidade. Os chips de computador terão gradualmente desaparecido à medida que o cálculo é feito "nas nuvens". Assim, a evolução dos computadores não é um mistério, é seguir o caminho bem conhecido de seus antecessores, como a eletricidade, papel e água encanada. Mas o computador e a Internet continuam a evoluir. O economista John Steele Gordon foi questionado se a revolução acabou. *"Céus, não. Serão um cem anos antes jogados totalmente fora, assim como o motor a vapor. Estamos agora no ponto com a Internet que eles estavam com a ferrovia em 1850. É apenas o início".* Nem todas as tecnologias, devemos destacar, entre os estádios III e IV. Por exemplo, considere a locomotiva. O transporte mecanizado entrou na fase I início dos anos 1800 com a chegada da locomotiva movida a vapor. Uma centena de pessoas que compartilham de uma única locomotiva. Entramos em fase II com a introdução da "locomotiva pessoal", também conhecida como o carro, no início de 1900. Mas a locomotiva e o automóvel (essencialmente uma caixa sobre trilhos ou rodas) não mudaram muito nas últimas décadas. O que mudou são os refinamentos, como os motores mais potentes e eficientes, bem como inteligência. Assim, as tecnologias que não podem entrar nos estágios III e IV serão enriquecidas, por exemplo, terão chips colocados neles para que se tornem inteligentes. Algumas tecnologias evoluem até a fase IV, como eletricidade, informática, papel e água encanada. Outros ficam presos a uma fase intermediária, mas eles continuam a evoluir por ter melhorias incrementais, como batatas fritas e aumento de eficiência.

Por que existem as Bolhas da Economia e as Quebras?

Mas hoje, na esteira da grande recessão de 2008, algumas vozes podem ser ouvidas dizendo que todo esse progresso era uma ilusão, que temos de voltar ao dia simples, que há algo fundamentalmente errado com o sistema. Ao tomar a vista longa da história, é fácil apontar para o inesperado, com bolhas e falhas colossais que parecem vir do nada. Elas parecem aleatórias, um subproduto da inconstância do destino e da loucura humana. Historiadores e economistas têm escrito abundantemente sobre o crash de 2008, tentando fazer sentido fora dele, examinando uma variedade de causas, tais

como a natureza humana, a ganância, a corrupção, a falta de regulamentação, os pontos fracos na supervisão, etc. No entanto, tenho uma maneira diferente de olhar para a grande recessão, olhando através da lente da ciência. No longo prazo, a ciência é o motor da prosperidade. Por exemplo, a Enciclopédia Oxford de História Econômica cita estudos que "atribuem 90 por cento do crescimento da renda na Inglaterra e nos Estados Unidos após 1780 para a inovação tecnológica, e não mera acumulação de capital". Sem ela, seríamos jogados de volta milênios no passado obscuro. Mas a ciência não é uniforme, ela vem em ondas. Uma descoberta seminal (por exemplo, o motor a vapor, a lâmpada, o transistor) muitas vezes provoca uma cascata de invenções secundárias que, em seguida, criar uma avalanche de inovação e progresso. Uma vez que elas criam vastas quantidades de riqueza, essas ondas devem ser refletidas na economia.

A primeira grande onda era o poder do vapor, o que eventualmente levou à criação da locomotiva. A energia a vapor alimentava a Revolução Industrial, que transformou a sociedade de cabeça para baixo. A fabulosa riqueza foi criada por força do vapor. Mas sob o capitalismo, a riqueza nunca fica estagnada. Riqueza tem que ir a algum lugar. Os capitalistas estão incessantemente à caça para o próximo intervalo, e vai mudar essa riqueza para investir ainda mais em esquemas de especulação, por vezes com resultados com consequências catastróficas. No início dos anos 1800, grande parte da riqueza gerada pelo excesso de energia a vapor e da Revolução Industrial foi à locomotiva em ações na Bolsa de Londres Exchange. Na verdade, uma bolha começou a se formar, com dezenas de empresas de locomotivas aparecendo na Bolsa de Londres. Virginia Postrel, escritora de finanças para o New York Times, escreve: *"Um século atrás, as companhias ferroviárias são responsáveis por metade dos valores mobiliários listados na Bolsa de Nova York"*. Desde que a locomotiva ainda estava em sua infância, essa bolha era insustentável, e ela finalmente apareceu, criando a quebra de 1850, um dos grandes colapsos na história do capitalismo. Este foi seguido por uma série de mini crashes que ocorreram quase dez anos depois, criadas pelo excesso de riqueza gerada pela Revolução Industrial.

Há uma ironia aqui: o apogeu da ferrovia seria a década de 1880 e 1890. Assim, a quebra de 1850 foi devido à febre especulativa e da riqueza criada pela ciência, mas o verdadeiro trabalho de trilhos do mundo levaria muitas décadas para amadurecer. Thomas Friedman escreve: *"No século 19, a América tinha uma ferrovia boom da bolha, e o busto... Mas mesmo quando essa bolha estourou, ela deixou a América com uma infraestrutura de estradas de ferro que tornaram as viagens transcontinentais e transporte, muito mais fáceis e mais barata"*. Ao invés de capitalistas de aprender esta lição, esse ciclo começou a repetir logo depois. A segunda grande onda de difusão de tecnologia, liderada pela eletricidade e pelas revoluções da indústria do automóvel de Edison e Ford. A eletrificação da fábrica e do agregado familiar, bem como a proliferação do Modelo T, mais uma vez criou fabulosas

riquezas. Como sempre, o excesso de riqueza tinha de ir a algum lugar. Neste caso, ele foi para o Stock Exchange EUA, sob a forma de uma bolha no serviço público e nos estoques de automóveis. As pessoas ignoraram a lição da quebra de 1850, uma vez que tinham acontecido oitenta anos no início do passado obscuro. De 1900 a 1925, o número de empresas iniciantes de automóveis atingiram 3.000, o que o mercado simplesmente não poderia suportar. Mais uma vez, essa bolha era insustentável. Por esta e outras razões, a bolha estourou em 1929, criando a Grande Depressão. Mas a ironia é que a pavimentação e eletrificação da América e da Europa não teria lugar até depois do colapso, durante os anos 1950 e 1960.Mais recentemente, tivemos a terceira grande onda da ciência, a vinda de alta tecnologia, sob a forma de computadores, lasers, satélites espaciais, a Internet, e eletrônica. A fabulosa riqueza criada pela alta tecnologia teve que ir a algum lugar. Neste caso, ela entrou em imóveis, criando uma enorme bolha. Com o valor imobiliário explodindo acima do teto, as pessoas começaram a pedir emprestado para pagar o valor de suas casas, utilizando-as como se fossem cofrinhos, o que acelerou ainda mais a bolha. Os banqueiros inescrupulosos alimentaram essa bolha distribuindo hipotecas residenciais, como água corrente. Mais uma vez, as pessoas ignoraram a lição das falhas de 1850 e 1929, que aconteceu 160 e 80 anos no passado.

Por fim, esta nova bolha não poderia ser sustentada, e tivemos o acidente de 2008 e a grande recessão. Thomas Friedman escreve: *"O início do século 21 viu um" boom "da bolha, e agora um busto em torno dos serviços financeiros. Mas temo que tudo o que vai deixar para trás são um bando de condomínios vazios da Flórida que nunca deveriam ter sido construídos, utilizando jatos particulares que os ricos não podem mais pagar e os contratos de derivativos mortos que ninguém pode entende "*. Mas apesar de todas as bobagens que acompanhou a queda recente, a ironia aqui é que a fiação e rede do mundo terá lugar após o crash de 2008. O auge da revolução da informação ainda está por vir. Isso leva à seguinte pergunta: Qual é a quarta onda? Ninguém pode ter certeza. Pode ser uma combinação de inteligência artificial, nanotecnologia, telecomunicações e biotecnologia. Tal como acontece com os ciclos anteriores, pode tomar outros oitenta anos para essas tecnologias para criar uma onda de fabulosas riquezas. Por volta do ano 2090, espero que as pessoas não ignore a lição dos últimos anos oitenta anos.

Vencedores e Vencidos: Empregos

Mas à medida que as tecnologias evoluem, elas criam mudanças bruscas na economia que, por vezes, levam a deslocamentos sociais. Em qualquer revolução, há vencedores e perdedores. Isso ficará mais evidente em meados deste século. Já não temos ferreiros e cuidadores de cavalos em cada aldeia. Além disso, não choram a

passagem de muitos destes trabalhos. Mas a pergunta é: onde o trabalho irá florescer em meados deste século? Como será que a evolução da tecnologia vai mudar a maneira de como trabalhamos? Podemos parcialmente determinar a resposta com uma pergunta simples: Quais são as limitações dos robôs? Como vimos, há pelo menos dois tipos básicos escolhas à inteligência artificial: reconhecimento de padrões e senso comum. Portanto, os trabalhos que vão sobreviver no futuro são, no essencial, os que, os robôs não podem realizar aquelas que exigem essas duas habilidades.

Entre os pesquisadores de colarinho azul, os perdedores serão os pesquisadores que executam tarefas meramente repetitivas (como operários nas fábricas de carros), pois os robôs vão fazer isso. O computador dá a ilusão de que eles possuem inteligência, mas isso é só porque eles podem fazer milhares de vezes mais rápido do que pudemos. Esquecemos que computadores são apenas máquinas sofisticadas acrescentando, e o trabalho repetitivo é o que eles fazem de melhor. É por isso que alguns pesquisadores da indústria automobilística da linha de montagem ou estiveram entre os primeiros a sofrer com a revolução do computador. Isso significa que qualquer trabalho na fábrica que pode ser reduzida a um conjunto de scripts, os movimentos repetitivos acabarão por desaparecer. Surpreendentemente, há uma grande classe de trabalho braçal que irá sobreviver à revolução do computador e até mesmo prosperar. Os vencedores serão aqueles que realizam trabalhos não repetitivos que exige reconhecimento de padrões. Os coletores de lixo, policiais, pesquisadores da construção civil, jardineiros e encanadores todos terão emprego no futuro. O coletor de lixo, a fim de recolher o lixo nas casas e apartamentos diferentes, tem que reconhecer os sacos de lixo, coloca-los no caminhão, e transportá-los para o pátio de resíduos. Mas cada pedaço de lixo exige um método diferente de eliminação. Para pesquisadores da construção civil, cada tarefa requer diferentes ferramentas, modelos e instruções. Não existem dois locais de construção ou duas tarefas ou são iguais. Os policiais têm que analisar uma série de crimes em diferentes situações. Além disso, eles também têm de compreender os motivos e métodos dos criminosos, que está muito além da capacidade de qualquer computador. Da mesma forma, cada jardim e pia é diferente, exigindo diferentes habilidades e ferramentas do encanador. Entre os pesquisadores de colarinho branco, os perdedores serão as pessoas envolvidas no trabalho de intermediário inventário e "contagem de feijão ". Isto significa que os agentes de baixo nível, como corretores, contadores, contabilistas, etc., serão cada vez mais escassos quando os seus empregos desaparecerem. Esses trabalhos são chamados de "fricção do capitalismo". Já se pode comprar uma passagem de avião fazendo a varredura da Web para os melhores preços, evitando uma agência de viagens. Merrill Lynch, por exemplo, a famosa corretora disse que nunca iria adotar a negociação de ações on-line. Seria sempre fazer a negociação de ações da maneira tradicional. John Steffens, presidente da corretora Merrill, disse: *"O modelo do faça você mesmo de investimento, centrado no comércio pela Internet, deve ser considerado como uma séria ameaça à vida*

financeira dos Estados Unidos". Por isso, foi humilhante, portanto, quando foi finalmente forçado por forças de mercado a adotar comércio on-line em 1999. "Poucas vezes na história foi o líder em uma indústria sentiu-se compelido a fazer meia-volta e, praticamente durante a noite, e adotar o que é essencialmente um novo modelo de negócios", escreveu Charles Gasparino do canal de notícias ZDNet. Isto também significa que as pirâmides corporativas serão dizimadas. Desde que o povo no topo puder interagir diretamente com a força de vendas e representantes em campo, há menos necessidade de intermediários para cumprir as ordens de cima. De fato, as reduções de emprego ocorreram quando o computador pessoal entrou no escritório. Então, como intermediários sobreviverão no futuro? Eles terão de acrescentar valor ao seu trabalho e oferecer uma mercadoria que os robôs não podem entregar: senso comum. Por exemplo, no futuro, você será capaz de comprar uma casa na internet através do seu relógio ou lentes de contato. Mas ninguém vai comprar uma casa dessa maneira, uma vez que esta é uma das mais importantes transações financeiras que você vai realizar em sua vida. Para compras importantes, como uma casa, e você quiser falar com um ser humano que pode dizer onde as escolas são boas, onde a taxa de criminalidade é baixa, como o sistema de esgoto funciona, etc. Para isso, se você quiser falar com um agente especializado que agrega mais valor. Da mesma forma, corretores de baixo nível estão sendo jogados fora do trabalho por negociação on-line, mas corretores que dão fundamentados, como uma sábia consultoria de investimentos estará sempre com demanda. Agências de empregos continuarão a secar, se oferecerem serviços de valor acrescentado, tais como a sabedoria dos analistas do mercado e economistas e os conhecimentos dentro de corretores experientes. Em uma época em que a negociação on-line sem piedade reduz o custo de transações de ações, corretores irão sobreviver apenas se eles também puderem comercializar as suas qualidades intangíveis, tais como experiência, conhecimento e análise. Assim, entre os pesquisadores de colarinho branco, os vencedores serão aqueles que podem fornecer o bom senso útil. Isso significa que os pesquisadores envolvidos com arte ou criatividade, em atuar, contar piadas, escrever software, liderança, fazer análise, ciência e criatividade, qualidades que "nos tornam humanos".

Pessoas nas artes terão empregos, já que a Internet tem um apetite insaciável para a arte criativa. Computadores são ótimos para a duplicação da arte e ajudar os artistas para embelezar a arte, mas são infelizes na origem de novas formas dela. A arte que inspira as intrigas emociona e nos emociona está além da capacidade de um computador, porque todas essas qualidades envolvem o senso comum. Romancistas, roteiristas e dramaturgos, terão postos de trabalho, uma vez que têm de transmitir cenas realistas, os conflitos humanos, e humanos triunfos e derrotas.

Para computadores, modelagens de natureza humana, que envolve a compreensão motivos e intenções, estão além de sua capacidade. Os computadores não são bons em determinar o que nos faz rir ou chorar, pois não podemos chorar ou rir por

conta própria, ou entender o que é engraçado ou triste. Pessoas envolvidas nas relações humanas, tais como advogados, terão postos de trabalho. Embora um robô possa responder a perguntas elementares sobre a lei, a própria lei está mudando constantemente, dependendo da mudança de normas sociais e costumes.

Em última análise, a interpretação da lei se resume a um juízo de valor, onde os computadores são deficientes. Se a lei for cortada e seca com corte raso de interpretações, não haveria necessidade de tribunais, juízes e jurados. Um robô não pode substituir um júri, uma vez que os júris muitas vezes representam os costumes de um determinado grupo, que estão constantemente mudando com o tempo. Isto foi mais evidente quando a Suprema Corte teve uma vez para definir que Potter Stewart estava envolvido em pornografia. Ele não conseguiu fazê-lo, mas concluiu, "Eu sei que quando eu vejo isso". Além disso, ele provavelmente será ilegal para os robôs para substituir o sistema de justiça, uma vez que as nossas leis têm consagrado um princípio fundamental: que os júris ser compostos por nossos pares. Uma vez que os robôs não podem ser os nossos pares, será ilegal para eles para substituir o sistema de justiça.

Na superfície, a lei pode parecer exigente e bem definida, com precisão e rigor da letra e sonoridade arcana de títulos e definições. Mas esta é apenas uma aparência, uma vez que as interpretações dessas definições mudam constantemente os turnos. A Constituição dos EUA, por exemplo, parece ser um documento bem definido, no entanto, o Supremo Tribunal está constantemente dividido ao meio sobre questões controversas. É sempre reinterpretando cada palavra e frase da Constituição.

A evolução da natureza dos valores humanos pode ser facilmente vista simplesmente olhando para a história. Por exemplo, nos EUA Suprema Corte determinou em 1857 que os escravos nunca poderiam se tornar cidadãos dos Estados Unidos. Em certo sentido, era preciso uma guerra civil e a morte de milhares de derrubar essa decisão. A liderança também será uma commodity valorizada no futuro. Em parte, a liderança consiste avaliando todas as informações disponíveis, pontos de vista, e opções e depois escolher a mais adequada, de acordo com certas metas. A liderança se torna especialmente complicada porque se trata de inspiração e fornecendo orientação aos pesquisadores humanos, que têm seus próprios pontos fortes e fracos. Todos esses fatores exigem uma sofisticada compreensão da natureza humana, das forças de mercado etc, que estão além da capacidade de qualquer computador.

O Futuro do Entretenimento

Isto também significa que setores inteiros, como o entretenimento, estão passando por uma profunda reviravolta. Por exemplo, a indústria da música desde os tempos imemoriais foi baseada em músicos individuais que iam de cidade em cidade, fazendo aparições pessoais. Animadores estavam constantemente na estrada, durante uma turnê e depois passar para a próxima aldeia. Era uma vida dura, com pouca recompensa financeira. Este padrão de velhice mudou abruptamente quando Thomas Edison inventou o fonógrafo e mudou para sempre a forma como ouvimos música. De repente, um cantor pode produzir discos vendidos aos milhões e as receitas que deles derivam, numa escala antes inimaginável. Dentro de uma única geração, cantores de rock se tornariam os novos ricos da sociedade. As estrelas do rock, que poderiam ter sido humildes empregados de uma geração anterior, tornavam-se o ídolos venerados da sociedade e dos jovens. Mas, infelizmente, a indústria da música ignorou as previsões dos cientistas que previam o dia em que a música seria facilmente enviada pela Internet, como através de um e-mail.

A indústria da música, ao invés de lançar as bases para saber como ganhar dinheiro online de venda, em vez tentou processar empresas, que ofereciam música em uma fração do custo de um CD. Isto foi como tentar fazer retroceder o oceano. Esta negligência está causando a crise atual na indústria da música. (Mas o bom é que os cantores desconhecidos podem agora subir ao topo, sem ter que enfrentar o fato da censura das grandes gravadoras. No passado, estes magnatas da música quase poderiam escolher qual seria a próxima estrela do rock. Assim, no futuro, os músicos mais votados serão escolhidos mais democraticamente, através das livres forças de mercado que envolve tecnologia, e não por executivos da indústria musical). Os jornais também estão enfrentando um dilema semelhante. Tradicionalmente, os jornais poderiam contar com um fluxo estável de receitas de anunciantes, em especial no seção de anúncios classificados. A receita não veio tanto da compra do papel em si, mas a partir da receita de anúncios nessas páginas geradas. Mas agora podemos baixar a notícia do dia é de graça e anunciar por todo o país em uma variedade de sites on-line quer anúncios. Como consequência, jornais de todo o país estão encolhendo no tamanho e na circulação. Mas este processo continuará até certo ponto. Há tanto barulho na internet, com pretensos profetas diários angariando sua audiência e megalomaníacos tentando empurrar ideias bizarras, que eventualmente as pessoas vão apreciar uma nova mercadoria: a sabedoria. Os fatos aleatórios não se correlacionam com sabedoria, e no futuro as pessoas vão se cansar da retórica dos blogueiros loucos e vão procurar sites que oferecem esta respeitada mercadoria rara chamada sabedoria.

Como o economista Hamish McRae, disse: *"Na prática, a grande maioria destas informações são um lixo, o equivalente intelectual de lixo"*. Mas ele afirma, *"O*

bom senso vai continuar a ser altamente valorizado: O êxito dos analistas financeiros, como um grupo, os melhores investigadores pagos do mundo".

A Matrix

Mas e sobre os atores de Hollywood? Em vez de se tornarem celebridades e campeões de bilheteria e falar da sociedade, serão os atores que se encontrarão desempregados? Recentemente, tem havido um progresso notável em animação por computador do corpo humano, de modo que parece quase real. Personagens animados agora têm características em 3D e sombreamento. Então os atores e atrizes se tornarão obsoletos em breve?

Provavelmente não. Há problemas fundamentais de modelagem do rosto humano pelo computador. Os seres humanos evoluíram uma incrível capacidade de se diferenciar um do outro e enfrenta, desde a nossa sobrevivência dependesse disso. Em um instante, nós tivemos que dizer se alguém era um inimigo ou um amigo. Em poucos segundos, tivemos de rapidamente determinar a idade da pessoa, sexo, força e emoção. Aqueles que não podiam fazer isso simplesmente não sobreviveram para transmitir seus genes para a próxima geração. Assim, o cérebro humano dedica uma quantidade considerável de seu poder de processamento para ler o rosto das pessoas. De fato, para a maioria da nossa história evolutiva, antes do aprendizado da fala, e nos comunicávamos através de gestos e linguagem corporal, e uma grande parte da nossa capacidade cerebral foi dedicada a um olhar facial sutil seguindo pistas. Mas os computadores, que têm dificuldade em reconhecer objetos simples em torno deles, têm dificuldade ainda maior na recriação de um rosto animado realístico humano. Crianças sabem imediatamente se a cara que veem na tela do cinema é um ser humano real ou uma simulação de computador. (Isso remonta ao Princípio do Homem da Caverna. Dada uma escolha entre ver um filme live-action de ação de sucesso com o nosso ator favorito ou vendo um computador-animando a ação dos desenhos animados na tela, ainda sim prefiro a primeira). O corpo, ao contrário, é muito mais fácil de modelar por computador. Quando Hollywood cria os monstros realistas e figuras de fantasia nos filmes, eles usam um atalho. Um ator veste um terno skintight que tem sensores em suas articulações. À medida que a ator ou dança, os sensores enviam sinais para um computador que em seguida, cria uma figura animada realizando os movimentos precisos, como no filme *Avatar*.

Certa vez, falou em uma conferência patrocinada pelo Laboratório Nacional de Livermore, onde as armas nucleares são concebidas, e no jantar sentou-se alguém que tinha trabalhado no filme *The Matrix*. Ele confessou que eles tinham que usar uma quantidade enorme de tempo de computador para criar o brilho dos efeitos especiais no filme. Uma das cenas mais difíceis, disse ele, exigiu-lhes que reconstruir

completamente uma cidade imaginária como um helicóptero voou em sobrecarga. Com o tempo de computador suficiente, disse ele, poderia criar uma cidade fantasia inteira. Mas, admitiu, a modelagem de um rosto realista humano foi além de sua habilidade. Isso ocorre porque quando um feixe de luz atinge o rosto humano, ele espalha em todas as direções, dependendo de sua textura. Cada partícula de luz tem de ser rastreada por computador. Assim, cada ponto de pele no rosto de uma pessoa tem de ser descrita por uma função matemática complexa, o que é uma verdadeira dor de cabeça para um programador de computador.

Eu observei que isso soava muito parecido com física de alta energia, a minha especialidade. Em nossos quebradores de átomos, criamos um potente feixe de prótons que colidem em um alvo, criando uma chuva de detritos que espalha em todas as direções. Em seguida, apresentamos uma função matemática (o chamado fator de forma) que descreve cada partícula. Meio brincalhão, eu perguntei se havia uma relação entre a face humana e física de partículas de alta energia? Sim, respondeu ele. Os animadores utilizam do computador o mesmo formalismo usado em física de altas energias para criar as faces que você vê na tela de cinema! Eu nunca percebi que as fórmulas arcanas que físicos teóricos usavam pudessem um dia quebrar o problema de modelagem do rosto humano. Portanto, o fato que podemos reconhecer o rosto humano é semelhante ao analisar a forma como os físicos de partículas subatômicas!

Impacto no Capitalismo

Estas novas tecnologias que temos discutido neste livro são tão poderosas que, no final do século, elas são obrigadas a ter um impacto sobre o próprio capitalismo. As leis da oferta e da procura são as mesmas, mas a ascensão da ciência e da tecnologia tem modificado o capitalismo de Adam Smith, em muitas formas, desde a maneira que os bens são distribuídos para a natureza da própria riqueza. Algumas das formas mais imediatas em que o capitalismo tem sido afetado são como o que se segue:

• O CAPITALISMO PERFEITO. O capitalismo de Adam Smith é baseado nas leis da oferta e da procura: os preços são definidos quando o fornecimento de qualquer bem corresponde à demanda. Se um objeto é escasso e tem procura, em seguida, sobe o seu preço. Mas o consumidor e o produtor tem apenas o entendimento parcial, imperfeito entre a oferta e a demanda de preços, portanto, pode variar muito de lugar para lugar. Assim, o capitalismo de Adam Smith era imperfeito. Mas isso vai mudar gradativamente no futuro. "*Capitalismo Perfeito*" é quando o produtor e o consumidor tem conhecimento infinito do mercado, de modo que os preços estão perfeitamente determinados. Por exemplo, no futuro, os consumidores vão varrer a Internet através de suas lentes de contato e ter o conhecimento infinito de todos os preços comparativos e

performances. Já se pode fazer a varredura do Internet para encontrar as melhores tarifas de companhias aéreas. Isto acabará por se aplicar a todos os produtos vendidos no mundo. Quer através de óculos, ou as telas da parede, ou telefones celulares, os consumidores vão saber tudo sobre um produto. Passando por um supermercado, por exemplo, você vai digitalizar os diversos produtos em exposição e, através da Internet em sua lente de contato, imediatamente avaliar se o produto é um bom negócio ou não. As mudanças na vantagem para os consumidores, porque eles vão instantaneamente saber tudo sobre a história do produto, seu, registro de desempenho, o seu preço em relação aos outros, e os seus pontos fortes e fracos. O produtor também tem truques na manga, como o uso de mineração de dados para entender os desejos e necessidades do consumidor, e digitalização da Internet para os preços das commodities. Isso elimina grande parte do trabalho de adivinhação na fixação de preços. Mas, no essencial, é o consumidor que tem a vantagem, que instantaneamente tem conhecimento comparativo de qualquer produto, e que exige o preço mais barato. O produtor deve então reagir à constante mudança na demanda do consumidor.

• A PRODUÇÃO EM MASSA PARA A CUSTOMIZAÇÃO EM MASSA. No atual sistema, as mercadorias são criadas pela produção em massa. Henry Ford disse uma vez a famosa frase para o consumidor possa ter o Modelo T, em qualquer cor, contanto que seja preto. A produção em massa preços drasticamente reduzidos, substituindo o sistema ineficiente, mais de guildas e produtos artesanais. A revolução do computador vai mudar tudo isso. Hoje, se um cliente vê um vestido de estilo e cor perfeita, mas do tamanho errado, então não há venda. Mas, no futuro, as nossas precisas medições em 3-D serão armazenadas em nosso cartão de crédito ou carteira. Se uma peça de roupa vestido ou outro vir do tamanho errado, você vai enviar no e-mail suas medidas para a fábrica e eles irão produzir imediatamente uma no tamanho certo. No futuro, tudo vai caber. A customização em massa, hoje, é impraticável, pois é muito cara para criar um novo produto para apenas um consumidor. Mas quando todo mundo está preso a Internet, incluindo a fábrica, os objetos feitos sob medida podem ser fabricados com o mesmo preço de itens produzidos em massa.

• A TECNOLOGIA DE MASSA COMO UM UTILITÁRIO. Quando as tecnologias se tornam muito dispersos, como eletricidade e água corrente, eventualmente se tornam de utilidade pública. Com o capitalismo de condução reduzir os preços e aumentar a concorrência, estas tecnologias serão vendidas como serviços públicos, ou seja, nós não nos importamos de onde eles vêm e nós pagamos por eles apenas quando queremos. O mesmo se aplica para a computação. "A computação em nuvem", que depende muito da Internet mais para a computação de funções, irá gradualmente ganhar popularidade. A computação em nuvem reduz a computação para um utilitário, algo que paga apenas quando precisamos dela, e algo que nós não pensamos sobre quando nós não precisamos dela. Isso é diferente da situação atual, quando a maioria de nós faz a nossa própria digitação, ou processamento de texto ou

desenho em um computador desktop ou laptop e em seguida, nos conectamos a Internet quando queremos pesquisar informações. No futuro, poderíamos eliminar gradualmente o computador por completo e ter acesso a todas as nossas informações diretamente na Internet, que depois nos cobra pelo tempo gasto. Assim, o cálculo torna-se um utilitário que é medido, como água e eletricidade. Nós vivemos em um mundo onde os nossos eletrodomésticos, móveis, roupas, etc, são inteligentes, e vamos falar com eles quando nós precisarmos de serviços específicos. As telas de Internet estarão escondidas por toda parte, e teclados se materializariam quando nós precisássemos deles. A função substituiu a forma, assim, ironicamente, à revolução do computador acabará por desaparecer "dentro das nuvens" na internet.

• SEGMENTAÇÃO DO SEU CLIENTE. Empresas historicamente colocavam anúncios nos jornais, no rádio, na televisão, etc, muitas vezes sem a menor ideia do impacto que os anúncios tinham. Eles poderiam calcular a eficácia das suas campanhas de anúncios apenas olhando para os pequenos aumentos nas vendas. Mas, no futuro, as empresas vão saber quase que imediatamente quantas pessoas fizeram o download ou viu os seus produtos. Se você é entrevistado em um site de rádio na Internet, por exemplo, é possível determinar com precisão quantas pessoas ouviram. Isso permitirá que as empresas-alvo a audiência com as especificações feitas sob medida. (Isso, no entanto, levanta outra questão: Sensíveis à questão da privacidade, que será uma das grandes controvérsias do futuro no passado, havia preocupações de que o computador pudesse fazer Big Brother possível. No romance de George Orwell, em 1984, um regime totalitário assume o controle da terra, desencadeando um futuro infernal em que os espiões estão em toda parte, todas as liberdades são esmagadas, e a vida é uma infindável série de humilhações. Em um ponto, a Internet poderá ter evoluído para uma máquina tão onipresente de espionagem. No entanto, em 1989, após a dissolução do bloco soviético, o Nacional Science Foundation em vigor abriu-a, convertendo-a de um dispositivo essencialmente militar para que as universidades uma rede e até mesmo entidades comerciais, o que levou à explosão da Internet dos anos 1990. Hoje, o Big Brother não é possível. O verdadeiro problema é o "irmãozinho", isto é, o intrometido dos intrometidos, os pequenos criminosos, os tabloides, e até mesmo empresas que usam o data mining para descobrir as nossas preferências pessoais. À medida que irá discutir no próximo capítulo, este é um problema que não vai embora, mas vai evoluir com o tempo. Mais do que provavelmente, haverá um eterno jogo de gato e rato entre os desenvolvedores de software criando programas para proteger nossa privacidade e outros envolvidos na criação de programas para quebrá-lo..

Do Bem De Consumo Do Capitalismo Ao Capital Intelectual

Até o momento, nos perguntamos apenas como a tecnologia está alterando a forma como o capitalismo opera. Mas com todo o tumulto criado pelos avanços na tecnologia de ponta, qual o impacto que isso teria sobre a natureza do próprio capitalismo? Todo o tumulto que esta revolução iria criar pode ser resumido em um conceito: a transição do capitalismo de *commodities (bens de consumo) para o capitalismo intelectual. A riqueza nos dias de Adam Smith foram medidas em commodities. Os preços das commodities variam, mas em média os preços das commodities vêm caindo constantemente nos últimos 150 anos. Hoje, você tomou café da manhã que o rei da Inglaterra não poderia ter tido 100 anos atrás. As iguarias exóticas de todo o mundo são comumente vendidas em supermercados. A queda dos preços das commodities se deve a uma variedade de fatores, como a melhor produção de massa, contemporização, transporte, comunicação e concorrência. (Por exemplo, os estudantes de hoje do ensino médio têm dificuldade em entender porque Colombo arriscou a vida para encontrar uma rota mais curta para o comércio das especiarias do Oriente. Por que não podia simplesmente ir ao supermercado, eles se perguntam, e obter algum orégano? Mas nos dias de Colombo, as especiarias e as ervas eram extremamente caras, elas eram apreciadas, porque eles poderiam mascarar o sabor da comida podre, pois não havia geladeira na época. Às vezes, mesmo reis e imperadores tiveram que comer comida estragada ao jantar. Não havia carros refrigerados, em contentores ou navios para transportar especiarias através dos oceanos.) É por isso que essas mercadorias eram tão valiosas que Colombo apostou sua vida para obtê-los, apesar de hoje são vendidos por tostões. O que está a substituir o capitalismo de commodities é o capitalismo intelectual. O capital intelectual envolve precisamente o que os robôs e inteligência artificial ainda não podem fornecer padrão reconhecimento e bom senso. Como o economista do MIT, Lester Thurow, disse: *"Hoje, o conhecimento e as habilidades agora estar sozinho como a única fonte de vantagem comparativa... O Vale Silício e a Rota 128 estão onde estão simplesmente porque é onde a inteligência está. Eles não têm mais nada a seu favor"*. Porque é que essa transição histórica balançaram os alicerces do capitalismo? Simplesmente, o cérebro humano não pode ser produzido em massa. Enquanto o hardware pode ser produzido em massa e vendido por tonelada, o cérebro humano não pode o que significa que o bom senso será a moeda do futuro. Ao contrário das commodities, a criação de capital intelectual que você tem que cuidar cultivar e educar um ser humano, que leva décadas de esforço individual. Como Thurow diz: *"Com tudo caindo fora da equação competitiva, o conhecimento tornou-se a única fonte sustentável de longo prazo vantagem competitiva"*. Por exemplo, o software se tornará cada vez mais importante que o hardware. Os chips de computador serão vendidos pelo caminhão que o preço de chips continuarem a afundar, mas o software deve ser criado à moda antiga, por um trabalho humano com lápis e papel, sentado calmamente em uma cadeira. Para exemplo, os arquivos armazenados em seu computador portátil, que pode conter planos valiosos,

manuscritos e dados, que podem valer centenas de milhares de dólares, mas o laptop em si vale apenas algumas centenas. Naturalmente, o software pode ser facilmente copiado e reproduzido em massa, mas a criação de um novo software não pode. Isso requer pensamento humano. Segundo o economista britânico Hamish McRae, *"em 1991 a Grã-Bretanha se tornou o primeiro país a ganhar mais com exportações invisíveis (serviços) do que as visíveis. "* Enquanto a parte da economia dos EUA provenientes de fabricação diminuiu drasticamente ao longo das décadas, o setor que envolve capitalismo intelectual (filmes de Hollywood, a indústria da música, videogames, computadores, telecomunicações, etc), disparou. Essa mudança do capitalismo de commodities para o capitalismo intelectual é gradual, começando no século passado, mas está se acelerando a cada década. O economista do MIT Thurow escreve: *"Depois de corrigir para a inflação geral, os preços dos recursos naturais caíram quase 60 por cento a partir de meados dos anos 1970 até meados da década de 1990".* Alguns países entendem isso. Considere a lição do Japão no pós-guerra. O Japão não tem grandes recursos naturais, mas sua economia está entre as maiores do mundo. A riqueza do Japão de hoje é um testemunho da operosidade e da unidade do seu povo, ao invés da riqueza sob seus pés. Infelizmente, muitas nações não entender este facto fundamental e não preparam os seus cidadãos para o futuro, confiando preferivelmente principalmente em commodities. Isto significa que as nações que são ricas em recursos naturais e não entendem este princípio poderão afundar na pobreza no futuro.

Excluídos Digitais?

"Algumas vozes criticam a revolução da informação, afirmando que teremos um abismo crescente entre o " rico digital " e o" pobre digital ", isto é, aqueles com acesso a computadores e aqueles que não têm. Essa revolução, segundo eles, vai ampliar as linhas de falha da sociedade, abrindo novas disparidades de riqueza e desigualdades que poderiam rasgar o tecido da sociedade. Mas esta é uma imagem estreita do problema verdadeiro. Com o poder computacional dobrando a cada dezoito meses, até mesmo as crianças pobres estão tendo acesso à computadores. A pressão dos colegas e preços baratos tem incentivado o uso do computador e da Internet entre as crianças pobres. Em um experimento, os fundos foram entregues a comprar um laptop para cada sala de aula. Apesar das boas intenções, o programa foi amplamente visto como um fracasso. Primeiramente, o laptop sentado geralmente não utilizado em um canto, porque o professor muitas vezes não sabe como usá-lo. Em segundo lugar, as maiorias dos alunos já estavam alinhadas com os seus amigos e simplesmente ignoraram a sala de aula com o laptop. O problema não é o acesso. O verdadeiro problema é o emprego. O mercado de trabalho está passando por uma mudança

histórica, e as nações que irão prosperar no futuro são aqueles que se aproveitam disso. Para as nações em desenvolvimento, uma estratégia é usar produtos para construir uma base sólida, e então utilizar essa fundação como um trampolim para fazer o transição para o capitalismo intelectual. A China, por exemplo, vem adotando com sucesso este processo de duas etapas: os chineses estão construindo milhares de fábricas que produzem mercadorias para o mercado mundial, mas eles estão usando os lucros para criar um setor de serviços construídos sobre o capital intelectual. Nos EUA, 50 por cento dos Ph.Ds. estudantes de física são nascidos no estrangeiro (em grande parte porque os Estados Unidos não produzem o suficiente para a qualificação de seus próprios alunos). Destes estrangeiros estudantes com Ph. D., a maioria são provenientes da China e da Índia. Alguns desses alunos voltaram para seus países de origem para criar indústrias inteiramente novas.

Empregos de Entrada

Uma vítima desta transição serão os empregos de nível básico. Cada século introduziu novas tecnologias que criaram lancinantes na economia e na vida das pessoas. Por exemplo, entre 1850 á 1865 por cento da força de trabalho norte-americano trabalhou em fazendas. (Hoje, apenas 2,4 por cento o faz.) O mesmo será verdade neste século. Em 1800, novas ondas de imigrantes invadiram os Estados Unidos, cuja economia estava crescendo rápido o suficiente para assimilá-las. Em Nova Iorque, por exemplo, os imigrantes poderão encontrar trabalho na indústria de vestuário ou de manufaturas leves. Independentemente do nível de educação, qualquer trabalhador disposto a fazer um honesto dia de trabalho pode encontrar alguma coisa para fazer em uma economia em expansão. Era como uma correia transportadora que levou os imigrantes nos guetos e favelas da Europa e empurrou-os para a próspera classe média da América. O economista James Grant disse: *"A migração prolongada de mãos e mentes desde o campo até a fábrica, escritório e sala de aula é toda a produtividade do crescimento... O progresso tecnológico é o sustentáculo da economia moderna. Então, novamente, é o que tem sido a verdade na maior parte dos últimos 200 anos".* Hoje, muitos desses empregos de entrada sumiram. Além disso, a natureza da economia mudou. Muitos empregos entry-level foram enviados ao exterior por corporações que procuram por pesquisadores mais baratos. O trabalho de produção na velha fábrica desapareceu há muito tempo. Mas há muita ironia nisto. Durante anos, muitas pessoas exigiram a igualdade de condições, sem favoritismo ou discriminação. Mas se os trabalhos podem ser exportados com o pressionar de um botão, a igualdade já se estende até a China e a Índia. Então empregos entry-level que costumavam atuar como correias de transmissão para a classe média agora, podem ser exportados para

outro lugar. Isso é bom para os pesquisadores estrangeiros, pois eles podem se beneficiar da igualdade de condições, mas as cidades do interior dos Estados Unidos podem ficar ocas. O consumidor também se beneficia com isso. Produtos e serviços tornam-se mais baratos e de produção e a distribuição mais eficiente se houver concorrência global. Basta tentar escorar as empresas obsoletas e criar postos de trabalho contra o excesso de complacência, desperdício e ineficiência. Subsidiar empresas falidas apenas prolonga o inevitável, os atrasos a dor da ruptura, e realmente faz a coisa ficar pior. Há outra ironia. Muitos altos salários, empregos qualificados no setor de serviços não estão sendo preenchidos por falta de candidatos qualificados. Muitas vezes, o sistema educacional não produz pesquisadores qualificados o suficiente, para o que as empresas têm que lidar com uma força de trabalho menos instruída. Corporações imploram por pesquisadores qualificados que o sistema de ensino muitas vezes não produz. Mesmo em uma economia deprimida, existem trabalhos que somente os pesquisadores qualificados vãos preencher. Mas uma coisa é clara. Em uma economia pós-industrial, muitos dos antigos empregos nas fábricas de colarinho azul se foram para sempre. Ao longo dos anos, os economistas têm brincado com a ideia de "*reindustrializar a América*", até que eles percebem que você não pode voltar no tempo. Os Estados Unidos e a Europa passaram a transição industrial de uma grande parte a um serviço de décadas atrás economia, e esta mudança histórica não pode ser revertida. O auge da industrialização passou, para sempre. Em vez disso, os esforços têm que ser feitas para reorientar e reinvestir em setores que maximize o capital intelectual. Esta será uma das tarefas mais difíceis para os governos no século XXI, sem soluções rápidas e fáceis. Por um lado, isso significa uma grande revisão do sistema de ensino, de modo que os pesquisadores possam treinar e também para que alunos do ensino médio que não sejam pós-graduados nas linhas de desemprego. O capital intelectual não significa apenas os trabalhos para programadores de software e cientistas, mas em um amplo espectro de atividades que envolvem criatividade, habilidade artística, inovação, liderança, análise, e senso comum. A força de trabalho tem que ser educada para enfrentar os desafios do século XXI, e não se esquivar deles. Nos currículos de ciências em particular, têm de ser revistos e os professores têm que ser treinados para se tornarem relevantes para a sociedade tecnológica do futuro. (É triste ver que nos Estados Unidos exista a velha expressão: *"Quem pode, faz. Aqueles que não podem, ensinam").* Como o economista do MIT, Lester Thurow, disse: *"O êxito ou fracasso depende se um país é capaz de fazer uma transição bem sucedida para o homem poder desenvolver o potencial cerebral das indústrias no futuro, e não o tamanho de qualquer setor em particular. "* Isso significa criar uma nova onda de empreendedores inovadores que criarão novas indústrias e novas riquezas, de inovações tecnológicas. A energia e vitalidade dessas pessoas devem ser desencadeadas. Elas devem ser autorizadas a injetar uma nova liderança no mercado.

Vencedores e Vencidos: As Nações

Infelizmente, muitos países não estão seguindo por este caminho, em vez de confiar exclusivamente no capitalismo de commodities. Mas desde que os preços das commodities, em média, estão caindo ao longo dos últimos 150 anos, suas economias eventualmente reduzir com o tempo, como o mundo ignorando-as. Este processo não é inevitável. Veja os exemplos da Alemanha e do Japão em 1945, quando suas populações inteiras quase morreram de fome, e as suas cidades estavam em ruínas, e seus governos haviam desmoronado. Em uma geração, eles foram capazes de liderar a economia mundial. Olhando para a China, hoje, com as taxas galopantes de crescimento entre 8 á 10 cento, revertendo 500 anos de declínio econômico. Depois de amplamente ridicularizada como o "homem doente da Ásia", em outra geração que vai se juntar às fileiras das nações desenvolvidas. O que diferencia estas três sociedades é que cada uma estava coesa como uma nação, havia cidadãos pesquisadores, e produtos feitos para que o mundo corresse para comprar. Estas nações devem dar ênfase na educação, no país e unificar o seu povo, e sobre o desenvolvimento econômico. No Reino Unido e economista McRae jornalista escreve: *"Os motores antigos da terra do crescimento, capital, dos recursos naturais, não importa mais. Possuir terras pouco importa porque o aumento da produtividade agrícola tornou possível produzir muito mais comida no mundo industrial do que se precisa. Capital já não importa, pois está a um preço quase infinitamente disponível a partir do mercado internacional para gerar receitas projetos... Estes ativos quantitativos, que tem feito tradicionalmente os países ricos, estão sendo substituídos por uma série de características qualitativas, que se resumem à qualidade, organização, motivação e autodisciplina das pessoas que lá vivem. Esta afirmação é corroborada por olhar para a maneira como o nível dos recursos humanos é cada vez mais importante na fabricação, em serviços do sector privado e no setor público"*. No entanto, nem toda nação está seguindo este caminho. Algumas nações são administradas por dirigentes incompetentes, são culturalmente e etnicamente fragmentadas a ponto da disfunção, e não produzem bens que o resto do mundo quer. Em vez de investir na educação, eles investem em enormes exércitos e armas para aterrorizar seu povo e manter seus privilégios. Em vez de investir em uma infraestrutura para acelerar a industrialização do país, eles se envolvem em corrupção para se mantiver no poder, criando uma cleptocracia, não uma meritocracia. Infelizmente, estes governos corruptos têm desperdiçado muito da ajuda fornecida pelo Ocidente, tão pequeno como é. Os futuristas Alvin e Heidi Toffler notaram que entre 1950 e 2000, mais de US $ 1 trilhão em ajuda foi concedida aos países pobres pelos ricos. Mas, segundo eles, *"somos informados pelo Banco Mundial que cerca de 2,8 bilhões de pessoas, quase metade da população do planeta ainda vive com o equivalente a dois dólares por dia ou menos. Destes, cerca de 1,1 mil*

milhões sobrevivem em pobreza extrema ou absoluta com menos de um dólar ". As nações desenvolvidas, é claro, pode fazer muito mais para aliviar a situação dos países em desenvolvimento ao invés de pagar o serviço de bordo para resolver o problema. Mas depois que tudo está dito e feito, em última análise, a responsabilidade principal para o desenvolvimento deve vir de uma liderança sábia entre as nações em desenvolvimento. E remonta ao velho ditado: *"Dê-me um peixe, e eu vou comer por um dia. Ensina-me a pescar, e eu vou comer para sempre. "* Isto significa que ao invés de simplesmente dar auxílio às nações em desenvolvimento, o estresse deve ser a educação e a ajudá-los a desenvolver novas indústrias para que elas possam se tornar autossuficientes.

Aproveitando-se de Ciência

As nações em desenvolvimento podem ser capazes de tirar proveito da revolução da informação. Elas podem, á princípio, ultrapassar passando as nações desenvolvidas, em muitas áreas. No mundo desenvolvido, as empresas de telefonia tiveram que tediosamente passar o cabo até cada casa ou fazenda a um grande custo. Mas uma nação em desenvolvimento não tem que fio de seu país, porque a tecnologia do telefone celular pode se destacar em áreas rurais, que não tem estradas ou infraestrutura. Além disso, nações em desenvolvimento têm a vantagem de que eles não terem de reconstruir a infraestrutura antiga. Por exemplo, os sistemas de metrô de Nova York e Londres ambos têm mais de um século de idade e que necessitam urgentemente de reparos. Hoje, as renovações destes sistemas custariam mais do que o edifício original próprio sistema. Um país em desenvolvimento pode decidir criar um sistema de metrô que é novo espumante com a mais recente tecnologia, aproveitando as vasta melhorias nos metais, técnicas de construção e tecnologia. Um sistema de metrô novinho em folha pode custar muito menos do que os sistemas de um século atrás.

A China, por exemplo, foi capaz de se beneficiar de todos os erros cometidos no Ocidente ao construir uma cidade a partir do zero. Como resultado, Pequim e Shanghai estão sendo construídas em uma fração do custo original de construção de uma grande cidade no oeste. Hoje, Pequim está construindo um dos maiores e mais modernos sistemas de metrô no mundo, beneficiando todos, os computadores tecnologia criada no Ocidente, a fim de atender a uma população urbana explodindo.   A Internet é outro caminho para as nações em desenvolvimento que tomam um atalho para o futuro, ignorando todos os erros cometidos no Ocidente, especialmente nas ciências. Anteriormente, os cientistas do mundo em desenvolvimento tiveram de contar com um sistema postal primitivo para entregar revistas científicas, que normalmente chegavam meses após a publicação, isso se chegassem todos. Essas revistas eram caras e altamente especializadas, de modo que apenas as maiores bibliotecas poderiam pagá-

las. Colaborar com um cientista do Ocidente era quase impossível. Você teria que ser rico e independente, ou extremamente ambicioso, para obter uma posição em uma universidade ocidental e trabalhar com um famoso cientista. Agora é possível para os cientistas mais distantes obterem de artigos científicos em menos de um segundo após elas serem publicadas na Internet, a partir de quase qualquer lugar do mundo, gratuitamente. E, através da Internet, é possível colaborar com os cientistas do Ocidente que nunca se encontraram.

O Futuro está em Aberto

O futuro está em aberto. Como mencionamos, no Vale do Silício poderia se tornar o próximo Rust Belt nas próximas décadas, como a idade do silício e passar a Tocha passar para a próxima inovação. Quais as nações que nos levarão ao futuro? Nos dias da Guerra Fria, as superpotências foram às nações que poderiam exercer influência militar ao redor do mundo. Mas o colapso da União Soviética deixou claro que no futuro as nações que vão subir ao topo seriam as que constroem as suas economias, que por sua vez depende do cultivo e manutenção da ciência e tecnologia. Então, quem serão os líderes de amanhã? As nações que verdadeiramente compreendem esse fato. Por exemplo, os Estados Unidos têm mantido a sua posição dominante na ciência e tecnologia, a despeito do fato de que muitas vezes o aluno dos EUA tem pontuações ruins, quando se trata de temas essenciais, como ciência e matemática. O teste de proficiência dos escores em 1991, por exemplo, mostram que os alunos dos Estados Unidos tem o nível de conhecimento do século XV no ranking em matemática e XIV, em ciências, um pouco acima alunos da Jordânia, que foram classificados com o nível de conhecimento do século XVIII, em ambas as categorias. Testes realizados desde então, anualmente, esses números se confirmaram tristemente. (Também deve ser apontado que nesse ranking corresponde á aproximadamente ao número de dias que os alunos estiveram na escola. A China, que foi classificada em 1º lugar, em média, com 251 dias de instrução por ano, enquanto os Estados Unidos obteve uma média de apenas 178 dias por ano). Parece um mistério que, apesar desses números terríveis, os Estados Unidos continuem a fazer a ter um nível internacional em ciência e tecnologia, até que percebam que grande parte da ciência EUA vem do exterior, sob a forma de "*fuga de cérebros.* " Os Estados Unidos tem uma arma secreta, o visto H1B, chamado de o *"visto de gênio"*. Se você puder mostrar que tem talentos especiais, recursos ou conhecimento científico, você pode saltar à frente da linha e obter um visto H1B. Isso tem constantemente reabastecido nossas fileiras científicas. O Vale do Silício, por exemplo, tem cerca de 50 por cento de estrangeiros, muitos provenientes de Taiwan e da Índia. A nível nacional, 50 por cento de todos os Ph. D. estudantes de física são de origem

estrangeira. Na minha universidade, a Universidade da Cidade de Nova York, o número já chega a 100 por cento dos que nasceram no estrangeiro. Alguns congressistas têm tentado eliminar o visto H1B, porque, dizem eles, é necessário o emprego dos americanos, mas eles não entendem o verdadeiro papel que este tipo de visto joga. Normalmente, não há americanos qualificados para assumir os postos de trabalho de nível mais alto no Vale do Silício, que vimos muitas vezes por preencher, como consequência. Este fato ficou evidente quando o ex-chanceler Gerhard Schroeder tentou passar uma lei de imigração similar H1B de vistos para a Alemanha, mas a medida foi derrotada por aqueles que afirmavam que isso tiraria o emprego dos alemães nativos. Novamente, os críticos não entendem que não há alemães suficientes para preencher esses postos de trabalho de alto nível. Esses imigrantes H1B não tiram empregos, criam indústrias inteiras. Mas o visto H1B é apenas uma medida paliativa. Os Estados Unidos não podem continuar a viver de cientistas estrangeiros, muitos dos quais estão começando a voltar para a China e Índia a fim de melhorar suas economias. Assim, a fuga de cérebros "*não é sustentável*". Isto significa que os Estados Unidos acabarão por ter de adaptar o seu arcaico, sistema de ensino esclerosado. Atualmente, os alunos mal preparados do ensino médio inundam o mercado de trabalho e as universidades, criando um impasse. Empregadores continuamente lamentam o fato de que eles têm de ter um ano para treinar seus novos contratados para trazê-los até o ritmo certo. E as universidades estão sobrecarregadas por terem que criar novas camadas de cursos de reparação para compensar o sistema de ensino colegial deficiente. Felizmente, nossas universidades e empresas, eventualmente, fazer um trabalho louvável de reparar os danos causados pelo sistema de ensino médio, mas este é um desperdício de tempo e talento. Para os Estados Unidos se manterem competitivos no futuro, é preciso haver mudanças fundamentais no nível fundamental e médio no sistema escolar. Para sermos justos, os Estados Unidos ainda tem vantagens significativas. Certa vez eu estava em um coquetel no Museu Americano de História Natural, em Nova York e conheci um empresário de biotecnologia da Bélgica. Eu perguntei por que ele deixou seu país, uma vez que a Bélgica tem a sua própria poderosa indústria em biotecnologia. Ele disse que, na Europa, muitas vezes você não tem uma segunda chance. Como as pessoas sabem quem você é, e de onde sua família veio, se você cometer um erro, você está acabado. Seus erros tendem a segui-lo, não importa onde você esteja. Mas nos Estados Unidos, disse ele, você pode se reinventar constantemente. As pessoas não se importam com quem foram os seus antepassados. Eles só importam o que você pode fazer por eles agora, hoje. Isso foi um alívio, disse ele, e uma razão pela qual outros cientistas europeus tendem a se deslocar para os Estados Unidos.

A Lição de Cingapura

No Ocidente, existe a expressão *"A roda estridente precisa de graxa"*. Mas, no Oriente, há outra expressão: *"O prego que se destaca acaba sendo martelado"*. Estas duas expressões são diametralmente opostas umas as outras, mas elas capturam algumas das características essenciais da Europa Ocidental e do pensamento oriental. Na Ásia, os alunos têm muitas vezes obtidos resultados que vão além dos seus iguais no Ocidente. Entretanto, muito do que a aprendizagem traz é um livro de aprendizagem que é pura "*decoreba*", que irá levá-los apenas para um determinado nível. Para alcançar os níveis superiores de ciência e tecnologia, você precisa de criatividade, imaginação, e inovação, que o sistema oriental não nutre. Assim, embora a China possa, eventualmente, recuperar o atraso com o Ocidente quando se trata de produzir e de fabricar cópias de produtos fabricados pela primeira vez no Ocidente, ela vai ficar por décadas atrás do Ocidente no processo criativo de sonhar com novos produtos e novas estratégias. Certa vez, foi falado em uma conferência na Arábia Saudita, onde outro palestrante convidado foi Lee Kuan Yew, o primeiro-ministro de Cingapura 1959-1990. Ele é uma espécie de estrela do rock entre as nações em desenvolvimento, já que ele ajudou a forjar a moderna nação de Cingapura, que está entre o topo das nações desenvolvidas na área cientifica. Cingapura, na verdade, é o quinto país mais rico do mundo, se você calcular o produto interno bruto per capita nacional. A audiência ficou tensa ao ouvir cada palavra desta figura lendária. Ele relembrou os primeiros tempos após a guerra, quando Cingapura era vista como uma porta de remanso conhecida principalmente por pirataria, contrabando, marinheiros bêbados, e outras atividades repugnantes. Um grupo de seus associados, no entanto, sonhava com o dia em que este porto minúsculo poderia rivalizar com o Ocidente. Embora Cingapura não dispunha de recursos naturais, em seu maior recurso era o seu próprio povo, que eram pesquisadores e semiqualificados. Seu grupo iniciou em uma fantástica jornada, fazendo desta nação sonolenta atrasada e transformá-la em uma potência científica dentro de uma geração. Foi talvez um dos casos mais interessantes de engenharia social da história. Ele e seu partido iniciaram um processo sistemático de revolucionar toda a nação, salientando a ciência e a educação e concentrando-se nas indústrias de alta tecnologia. Dentro de poucas décadas, Cingapura criou um grande grupo de técnicos altamente qualificados, o que possibilitou que o país se tornasse um dos principais exportadores de produtos eletrônicos, produtos químicos e equipamentos biomédicos. Em 2006, produziu 10 por cento da produção mundial de wafers de fundição para computadores. Tem havido uma série de problemas, ele confessou, ao longo do curso de modernização de sua nação. Para impor a ordem social, impuseram severas leis, proibindo tudo, de cuspir na rua (punida com chicotadas) até o tráfico de drogas (punível com a morte). Mas ele também notou uma coisa importante. Os Cientistas top, ele descobriu, estavam ansiosos para visitar Cingapura, mas apenas um punhado ficou. Mais tarde, ele descobriu o motivo: não havia comodidades culturais ou atrações para

mantê-los em Cingapura. Isto lhe deu sua próxima ideia: promover deliberadamente toda a regalia cultural de uma nação moderna (Companhias de balé, orquestras sinfônicas, etc.) para que os melhores cientistas pudessem fincar suas raízes em Cingapura. Quase durante a noite, organizações culturais e eventos foram surgindo em todo o país como uma isca para manter a elite científica ancorada lá. Em seguida, ele também percebeu que os filhos de Cingapura foram cegamente repetindo as palavras de seus professores, não desafiando a sabedoria convencional e na criação de novas ideias. Ele percebeu que o Oriente estaria para sempre à direita do Ocidente, desde que ele só conseguisse cientistas que só copiasse os outros. Então, ele colocou em movimento uma revolução na educação: alunos criativos seriam apontados e permitiu a perseguir seus sonhos em seu próprio ritmo. Percebendo que alguém como um Bill Gates ou Steve Jobs seriam esmagados pelo sufocante sistema educacional de Cingapura, ele perguntou aos professores, de forma sistemática para tentar identificar os gênios do futuro que poderia revitalizar a economia com a sua imaginação científica. A lição de Cingapura não é para todos. É uma pequena cidade-estado, onde uns punhados de visionários poderiam praticar a construção de uma nação controlada. E nem todo mundo quer ser chicoteado por cuspir na rua. No entanto, ele mostra o que você pode fazer se você quer sistematicamente saltar e seguir em frente na revolução da informação.

Desafio para o Futuro

Certa vez, passei algum tempo no Instituto de Estudos Avançados de Princeton, e almocei com Freeman Dyson. Ele começou a falar sobre sua longa carreira na ciência e, em seguida, mencionou um fator preocupante. Antes da guerra, quando era um jovem estudante universitário no Reino Unido, descobriu que as mentes mais brilhantes de Inglaterra foram virando as costas para as ciências exatas, como física e química, em favor de carreiras lucrativas em finanças e nos bancos. Embora a geração anterior fosse à da criação de riqueza, sob a forma de plantas químicas e elétricas e inventando novas máquinas eletromecânicas, a próxima geração foi entregando-se a massagear e administrar o dinheiro de outras pessoas. Ele lamentou que fosse um sinal do declínio do Império Britânico. Inglaterra não poderia manter seu status como potência mundial se tivesse uma base científica desmoronando. Então ele disse algo que chamou minha atenção. Ele observou que ele estava vendo isso pela segunda vez em sua vida. As mentes mais brilhantes em Princeton já não resolveriam os problemas difíceis na física e matemática, mas foram sendo atraídos para carreiras como a banca de investimento. Novamente, ele pensou isso pode ser um sinal de decadência, quando os líderes de uma

sociedade não podem mais suportar as invenções e tecnologia que transformaram sua grande sociedade. Este é o nosso desafio para o futuro.

"As pessoas agora estão vivendo no meio do que pode ser visto como os três séculos mais extraordinários da história humana." - Julian Simon.

"Onde não há visão, o povo perece." - Provérbios 29:18.

Capítulo 8

O Futuro da Humanidade: A Civilização Planetária

Na mitologia, os deuses viviam no esplendor divino dos céus, muito acima dos assuntos insignificantes dos meros mortais. Os deuses gregos brincavam no céu no domínio do Monte Olimpo, enquanto os deuses nórdicos que lutaram pela honra e glória em eterna festa seriam gloriosos os salões do Valha-la com os espíritos dos guerreiros mortos. Mas se o nosso destino é alcançar o poder dos deuses até o final do século, o que o nosso olhar mostra para a civilização no ano de 2100? Onde está, toda essa inovação tecnológica, na nossa civilização? Todas as revoluções tecnológicas aqui descritas estão levando a um único ponto: a criação de uma civilização planetária. Esta transição é talvez a maior na história humana. Na verdade, as pessoas que vivem hoje são as mais importantes das que já andaram na superfície do planeta, uma vez que irão determinar se alcancemos este objetivo ou se desceremos no caos. Talvez 5.000 gerações de seres humanos caminhassem sobre a superfície da Terra desde que nós surgimos pela primeira vez na África á cerca de 100.000 anos atrás, e eles, os que vivem neste século irão determinar o nosso destino. A menos que haja uma catástrofe natural ou de algum ato de estupidez calamitosa, é inevitável que vamos entrar nessa fase da nossa história coletiva. Nós podemos ver isso claramente analisando a história da energia.

O Ranking das Civilizações

Quando os historiadores profissionais escrevem a história, que ao vê-la através da lente da experiência humana e da insensatez, ou seja, através dos feitos de reis e rainhas, o surgimento de movimentos sociais, e a proliferação de ideias. Os físicos, pelo contrário, veem a história de forma bastante diferente. Físicos ranquearam tudo, até mesmo as civilizações humanas, pela energia que consumiram. Quando aplicado à história humana, vemos que por incontáveis milênios, a nossa energia foi limitada a 1/5 cavalos de potência, o poder de nossas mãos nuas, e, portanto, vivemos vidas nômades em pequenas tribos nômades, lutando por comida em um ambiente áspero, hostil. Por muito tempo, fomos distinguidos dos lobos. Não houve registros escritos, apenas histórias transmitidas de geração a geração solitários ao redor da fogueira. A vida era curta e brutal, com uma esperança média de vida de dezoito a vinte. Anos. Sua riqueza

total foi de tudo o que podiam carregar em suas costas. Durante a maior parte de sua vida, você sentiria a dor da fome atroz. Depois que você morresse você não deixaria vestígios de que algum dia você tinha vivido.

Há 10 mil anos atrás, um evento maravilhoso ocorreu que a civilização colocou em movimento: a Era do Gelo acabou. Por razões que nós ainda não entendemos, milhares de anos do período glacial terminaram. Isso pavimentou o caminho para o surgimento da agricultura. Cavalos e bois ajudaram o que aumentou as nossas energia para uma potência. Agora uma pessoa que tinha energia para colheita de vários hectares de terras agrícolas, gerando excedente de energia suficiente para suportar uma rápida expansão da população. Com a domesticação dos animais, os seres humanos já não dependiam principalmente de animais de caça para o alimento, e as primeiras vilas e as cidades estáveis começaram a subir a partir de florestas e planícies.

O excesso de riqueza criada pela revolução agrícola gerou novas formas engenhosas para manter e expandir essa riqueza. A matemática e a escrita foram criadas para contar essa riqueza, calendários eram necessários para manter o controle de quando plantar e colher, e os escribas e os contabilistas eram necessários para manter faixa deste excedente e cobrar o imposto. Este excesso de riqueza levou à ascensão de grandes exércitos, reinos, impérios, escravidão e civilizações antigas. A próxima revolução teve lugar cerca de 300 anos atrás, com o advento da Revolução Industrial. De repente, a riqueza acumulada por um indivíduo foi não apenas o produto de suas mãos e cavalo, mas o produto das máquinas que poderia criar a riqueza fabulosa através de produção em massa. Os motores a vapor poderiam conduzir poderosas máquinas e locomotivas, de modo que a riqueza poderia ser criada a partir de fábricas, usinas e minas, e não apenas campos.

Camponeses, fugindo periodicamente da fome e do cansaço do árduo trabalho no campo, migraram para as cidades, criando a classe operária industrial. Ferreiros e criadores de cavalos foram substituídos por metalúrgicos. Com a vinda do motor de combustão interna, uma pessoa poderia agora ter centenas de cavalos motor de potência. A expectativa de vida começou a crescer, atingindo quarenta e nove nos Estados Unidos pelo ano 1900. Finalmente, estamos na terceira onda, onde a riqueza é gerada a partir da informação. A riqueza das nações, é agora medida pelos elétrons circulando em torno do mundo em cabos de fibra ótica e satélites, acabavam dançando nas telas de computador em Wall Street e em outras capitais financeiras. Ciência, comércio, entretenimento e viagens na velocidade da luz, dando-nos informações ilimitadas a qualquer hora, em qualquer lugar.

Tipo I, II, III de Civilizações

Como este aumento exponencial da energia irá continuar nos próximos séculos ou milênios? Quando os físicos tentam analisar as civilizações, e classificá-las na base da energia que consomem. Este ranking foi introduzido pela primeira vez em 1964 pelo astrofísico russo Nikolai Kardashev, que estava interessado em sondagem do céu a noite de sinais enviados de civilizações avançadas no espaço. Ele não estava satisfeito com algo tão nebuloso e mal definido como "uma civilização extraterrestre", de modo que ele introduziu uma escala quantitativa para orientar o trabalho dos astrônomos. Ele percebeu que as civilizações extraterrestres podem variar em função de sua cultura, sociedade, governo, etc, mas havia uma coisa todos eles tiveram que obedecer: as leis da física. E, a partir da Terra, houve uma coisa que pudemos observar e medir o que poderia classificar estas civilizações em categorias diferentes: o seu consumo de energia. Assim, ele propõe três tipos teóricos: Um tipo I é a civilização planetária, tira o consumo de luz solar que cai sobre o seu planeta, ou cerca de 10 17 watts. A Civilização Tipo II é estelar, consumindo toda a energia que seu sol emite, ou 10 27 watts. Uma civilização Tipo III é do tipo galáctica, o consumo de energia de bilhões de estrelas, ou de cerca de 1037watts.

A vantagem dessa classificação é que podemos quantificar o poder de cada civilização, em vez de fazer generalizações vagas ou errôneas. Desde que nós conhecemos a potência desses objetos celestes, que pode colocar restrições específicas numérica em cada um deles como nós fazemos a varredura dos céus. Cada tipo é separado por um fator de 10 bilhões: uma civilização Tipo III consome 10 bilhões de vezes mais energia do que uma civilização do tipo II (porque há cerca de 10 bilhões de estrelas ou mais em uma galáxia), que por sua vez, consome energia de 10 bilhões de vezes mais do que uma civilização do Tipo I. De acordo com essa classificação, a nossa civilização atual é do tipo 0. Nós nem sequer pontuamos nesta escala, uma vez que temos a nossa energia vinda a partir de plantas mortas, que vem do petróleo e do carvão. (Carl Sagan, generalizando esta classificação, tentou obter uma estimativa mais precisa de onde classificou nesta escala cósmica. Seu cálculo mostrou que somos realmente uma civilização do Tipo 0,7). Nesta escala, também podemos classificar as várias civilizações que vemos na ficção científica. Um típico Tipo I de civilização seria a de Buck Rogers ou Flash Gordon, onde os recursos de todo o planeta de energia têm sido desenvolvidos. Eles podem controlar todas as fontes de energia do planeta, para que eles possam ser capazes de controlar ou modificar o clima à vontade, aproveitar a força de um furacão, ou das cidades sobre os oceanos. Embora elas percorram os céus nos foguetes, a sua produção de energia ainda estaria confinada a um planeta. Uma civilização Tipo II podem incluir a Unidos Star Trek Federation of Planets (sem a warp drive), capaz de colonizar as cerca de 100 estrelas próximas. Sua tecnologia é apenas capaz de manipular toda a produção de energia de uma estrela.
Uma civilização Tipo III poderia ser o Império na saga Star Wars, ou talvez o Borg da série Star Trek, os quais colonizaram grande parte de uma galáxia, englobando milhares

de sistemas estelares. Eles podem vagar as pistas do espaço galáctico à vontade. (Embora a escala Kardashev baseie-se em planetas, estrelas e galáxias para a sua classificação, devemos ressaltar a possibilidade de uma civilização do tipo IV, que deriva sua energia de fontes extragalácticas. A única fonte de energia conhecida para além de nossa galáxia é a energia escura, que compõe 73 por cento da matéria e energia do universo conhecido, enquanto o mundo das estrelas e galáxias representa apenas 4% do universo. Outro possível candidato para uma civilização tipo IV de pode ser o godlike Q na série Star Trek, cujo poder é extragaláctico). Podemos utilizar essa classificação para calcular quando poderíamos alcançar cada um desses tipos. Suponha que a civilização do mundo cresça a uma taxa de 1 por cento cada ano, em termos do seu PIB coletivo. Esta é uma suposição razoável, quando a média de vários séculos. De acordo com este pressuposto, que leva cerca de 2.500 anos para ir de uma civilização para a próxima. A taxa de 2 por cento de crescimento daria um período de transição de 1.200 anos. Mas também podemos calcular quanto tempo levaria para o nosso planeta para alcançar Tipo I daclassificação. Apesar da recessão económica e expansões, booms e bustos, matematicamente podemos estimar que iremos atingir o status do Tipo I em cerca de 100 anos, dada uma taxa média de nosso crescimento econômico.

Desde o Tipo I

Vemos indícios dessa transição do tipo 0 e do Tipo I a cada vez que abrimos um jornal. Muitas das notícias podem ser atribuídas ao nascimento de uma civilização do Tipo I nascendo bem na frente dos nossos olhos.

A Internet é o início de um sistema telefônico do tipo I planetário. Pela primeira vez na história, uma pessoa em um continente sem esforço pode fazer o intercâmbio de informações ilimitadas com alguém em outro continente. De fato, muitas pessoas já sentem que têm mais em comum com alguém do outro lado do mundo do que com o seu vizinho do lado. Este processo irá acelerar as nações que usam ainda mais cabos de fibra óptica e lançar mais satélites de comunicações. Esse processo também é imparável. Mesmo que o presidente dos Estados Unidos tente banir a Internet, ele seria atingido apenas com o riso. Há quase um bilhão de computadores pessoais no mundo de hoje, e aproximadamente um quarto da humanidade entrou na internet pelo menos uma vez. Um punhado de línguas, liderado pelo Inglês, seguidos por chineses, estão emergindo rapidamente como o futuro Tipo I do idioma. Na World Wide Web, para exemplo, 29% por cento dos visitantes que entram falam Inglês, seguido por 22% por cento em chinês, de 8% por cento em espanhol, 6% por cento em japonês, e 5% por cento em francês. Inglês já é de fato a língua planetária das ciências, finanças, negócios e entretenimento. O idioma Inglês é o número um, a segunda língua mais falada do

planeta. Não importa pra onde eu viaje, eu acho que o Inglês terá emergido como a língua franca. Na Ásia, por exemplo, quando o vietnamita, japonês e chinês estão em uma reunião, eles usam o Inglês para se comunicar. Atualmente, existem cerca de 6.000 línguas que estão sendo faladas na Terra, e 90% por cento delas são fadadas á extinção nas próximas décadas, segundo Michael E. Krauss, ex- Universidade do Centro do Alasca de língua nativa. A revolução das telecomunicações está acelerando este processo, como pessoas que vivem, mesmo nas regiões mais remotas da Terra estão explicadas em Inglês. Isso também irá acelerar o desenvolvimento econômico como suas sociedades estão mais integradas na economia mundial, elevando os padrões de vida e atividade econômica.

Algumas pessoas lamentam o fato de que algumas línguas ancestrais deixarão de serem faladas. Mas por outro lado, a revolução do computador garantirá de que essas línguas não se percam. Os falantes nativos irão adicionar a sua língua e sua cultura a Internet, onde ela vai durar para sempre. Estamos assistindo ao nascimento de uma economia planetária. A subida da União Europeia e outros blocos comerciais representam o surgimento de um tipo de economia do Eu. Historicamente, os povos da Europa têm lutado com feudos de sangue com seus vizinhos durante milhares de anos. Mesmo após a queda do Império Romano, as tribos continuaram a matança umas com as outras, tornando-se as nações rivais da Europa. Ainda hoje, essas amargas rivais de repente se uniram para formar a União Europeia, representando a maior concentração da riqueza no planeta. A razão destas nações têm abruptamente colocado de lado as suas famosas rivalidades é competir com a força econômica das nações que assinaram o "*Acordo de Livre Comércio da América do Norte (NAFTA)"*. No futuro, veremos mais blocos econômicos em formação, quando as nações perceberem que eles não podem permanecer competitivos, a menos que se unam em blocos comerciais lucrativos. Nós vemos a evidência gráfica disso quando se analisa a grande recessão de 2008. Em questão de dias, as ondas de choque provenientes de Wall Street ecoavam pelos corredores financeiros de Londres, Tóquio, Hong Kong e Cingapura. Hoje, é impossível entender a economia de uma única nação, sem compreender as tendências que afetam a economia mundial. Estamos vendo o surgimento de uma classe média planetária. Centenas de milhões de pessoas na China, Índia e outros países estão entrando em suas fileiras, o que é talvez a maior agitação social no último meio século. Este grupo é esclarecido sobre as tendências culturais, educacionais e econômicas que afetam o planeta. O foco dessa classe média do planeta não são as guerras, a religião, ou códigos morais, mas a estabilidade política e social, os bens de consumo. As paixões ideológicas e tribais que poderiam ter dominado os seus antepassados significam pouco para eles se seu objetivo é ter uma casa suburbana com dois carros. Embora seus ancestrais pudessem ter comemorado o dia em que seus filhos foram para a guerra, uma das suas principais preocupações agora é colocá-los em uma boa faculdade. E para as pessoas que invejam assistir a ascensão das outras pessoas, eles

devem saber quando sua hora também irá chegar. Kenichi Ohmae, um alto ex-sócio da McKinsey & Company, escreve: *"As pessoas irão, inevitavelmente, começar a olhar ao seu redor e perguntar por que eles não podem ter o que os outros têm. Igualmente importante, eles vão começar a se perguntar por que eles não foram capazes de tê-lo no passado"*. É a economia, e não as armas, que são o novo critério de uma superpotência. A ascensão da UE e do Nafta ressalta um ponto importante: com o fim da Guerra Fria, é claro que uma potência mundial pode manter sua posição dominante, principalmente através da força econômica. As guerras nucleares são simplesmente demasiado perigosas para lutar, por isso é o poder econômico que determinará o destino das nações. Um fator que contribuiu para o colapso da União Soviética União foi à pressão econômica para competir militarmente com os Estados Unidos. (Como os conselheiros do presidente Ronald Reagan comentaram uma vez, a estratégia dos Estados Unidos era passar a Rússia em uma depressão, ou seja, o aumento nos EUA das despesas militares de forma que os russos, com uma economia de menos da metade do tamanho dos Estados Unidos, iriam morrer de fome sem que seu próprio povo pudesse se manter.) No futuro, é claro que uma superpotência pode manter o seu estatuto só através de poder econômico, e que, por sua vez deriva de ciência e tecnologia.

A cultura planetária está surgindo, com base na cultura dos jovens (rock and roll e moda jovem), filmes (blockbusters de Hollywood), alta moda (mercadorias de luxo) e alimentos (correntes de mercado de massa de fast-food). Não importa onde você viaje você pode encontrar evidências das mesmas tendências culturais na música, arte, e na moda. Por exemplo, fatores Hollywoodianos cuidadosamente feitos de apelo global quando se estima que o sucesso de um filme tenha grande sucesso em potencial. Filmes com temas interculturais (como a ação ou romance), embalados com celebridades reconhecidas internacionalmente, são os grandes carros- chefe para Hollywood, a evidência de uma cultura emergente do planeta. Vimo-lo após a Segunda Guerra Mundial, quando, pela primeira vez na história humana, toda uma geração de jovens possuía renda bastante descartável para alterar a cultura dominante. Antigamente, as crianças foram enviadas para os campos de labutar com os pais, uma vez que atingiam a puberdade. (Esta é a origem das férias de verão de três meses. Durante a Idade Média, as crianças eram obrigadas a fazer trabalho árduo nos campos durante o verão quando logo eles ficavam maiores de idade.) Mas, com o aumento da prosperidade, a geração baby boom do pós-guerra deixou os campos de cabeça para as ruas. Hoje, vemos o mesmo padrão ocorrendo em país após país, como o desenvolvimento econômico e capacitando os jovens com ampla disponibilidade de rendimentos. Eventualmente, como as maiorias das pessoas do mundo entram na classe média, aumento da renda irá filtrar a sua juventude, gerando a perpetuação da juventude na cultura planetária. Os filmes de rock and roll, Hollywood, etc, são exemplos de fato primordial de como o capital intelectual irá substituir o capitalismo de commodities. Os Robôs nas próximas décadas seriam incapazes de criar música e filmes que

pudessem emocionar um público internacional. Isso também está acontecendo no mundo da moda, onde uns punhados de nomes de marcas estão estendendo seu alcance em todo o mundo. Alta costura uma vez reservada para a aristocracia e os extremamente ricos, é que se proliferam rapidamente em todo o mundo quanto mais pessoas entram na classe média e aspirar à parte do glamour dos ricos. A Alta moda já não é da competência exclusiva da elite privilegiada. Mas o surgimento de uma cultura planetária, não significa que as culturas ou costumes locais serão aniquilados. Em vez disso, as pessoas vão ser bi culturais. Por um lado, eles vão manter as suas tradições culturais locais vivas (e as garantias de Internet que esses costumes regionais irão sobreviver para sempre). A rica diversidade cultural do mundo continuará a prosperar no futuro. De fato, certas características obscuras da cultura local pode se espalhar ao redor do mundo através de na Internet, ganhando-lhes uma audiência mundial. Por outro lado, as pessoas vão ser fluentes na evolução das tendências que afetam a cultura global. Quando as pessoas se comunicam com os de outra cultura, eles vão fazê-lo através da cultura global. Isso já aconteceu com muitas das elites do planeta: eles falam o idioma local e obedecem aos costumes locais, mas usam o Inglês e seguem os costumes internacionais ao lidar com pessoas de outros países. Este é o modelo para o surgimento do tipo I civilização. As culturas locais continuarão a prosperar, coexistindo lado a lado com uma cultura global maior.

• A notícia se tornará planetária. Com TV por satélite, telefones celulares, Internet, etc, torna-se impossível para uma nação de controlar completamente e filtrar as notícias. O material bruto está surgindo de todas as partes do mundo, fora do alcance da censura. Quando as guerras ou revoluções saírem, as imagens chocantes serão transmitidas instantaneamente ao redor do mundo como eles acontecem em tempo real. No passado, era relativamente fácil para as grandes potências do século XIX, para impor seus valores e manipular as notícias. Hoje, isso ainda é possível, mas em uma base muito reduzida por causa da tecnologia avançada. Além disso, com aumento dos níveis de educação em todo o mundo, há um público muito maior de notícias do mundo. Os políticos têm de hoje para incluir a opinião pública mundial quando se pensa sobre as consequências de suas ações.

Nos esportes, que no passado foram essenciais na formação de uma tribo e depois de uma identidade nacional, são de criar uma identidade planetária. O Futebol e as Olimpíadas estão surgindo para dominar esportes planetários. Os Jogos Olímpicos de 2008, por exemplo, foram amplamente interpretados como um baile de debutantes para os Chineses, que desejavam assumir a sua posição correta cultural no mundo, após séculos de isolamento. Este é também um exemplo do Princípio do Homem das Cavernas, uma vez que os esportes são High Touch, mas estão entrando no mundo da alta tecnologia. Ameaças ambientais também estão sendo debatidas em escala planetária. As nações perceberam que a poluição que criam atravessam as fronteiras e, portanto, podem precipitar uma crise internacional. Primeiro vimos isso quando um

gigantesco buraco na camada de ozônio aberta sobre o pólo sul. Porque a camada de ozônio impede a luz ultravioleta e raios-X do sol de chegar a Terra, as nações se uniram para limitar a produção e consumo de clorofluorcarbonetos utilizados em geladeiras e sistemas industriais. O Protocolo de Montreal foi assinado em 1987 e com sucesso diminuíram o uso de substâncias químicas que destroem o ozônio. Baseado neste sucesso internacional, a maioria das nações adotariam o Protocolo de Kyoto em 1997 para lidar com a ameaça do aquecimento global, que é uma ameaça ainda maior ao meio ambiente do planeta.

• O turismo é uma das indústrias que mais crescem no planeta. Durante a maior parte da história humana, era comum que as pessoas viverem a poucos quilômetros de sua terra natal. Era fácil para os líderes sem escrúpulos manipular seus povos, que tinham pouco ou nenhum contato com outros povos. Mas hoje, pode-se ir ao redor do mundo com um orçamento modesto. Os jovens mochileiros de hoje, que permanecem em albergues da juventude em torno do orçamento do mundo se tornarão os líderes de amanhã. Algumas pessoas criticam o fato de que os turistas têm uma compreensão mais cruel das culturas locais, históricas e políticas. Mas temos de ponderar que, contra o passado, quando o contato entre culturas distantes era quase inexistente, exceto durante os tempos de guerra, muitas vezes com resultados trágicos. Da mesma forma, a queda dos preços das viagens intercontinentais está acelerando o contato entre diferentes povos, fazendo das guerras salariais mais difíceis e espalhando os ideais da democracia. Um dos principais fatores que instigou a animosidade entre as nações foi mal-entendido entre as pessoas. Em geral, é muito difícil entrar em guerra com uma nação que está intimamente familiarizada. A natureza da guerra em si está mudando para refletir essa nova realidade. A história tem mostrado que duas democracias quase nunca guerrearam umas contra as outras. Quase todas as guerras do passado têm sido travadas entre as não democracias, ou entre uma democracia e uma não democracia. Na guerra, a febre geral pode ser facilmente debatida por demagogos para demonizar o inimigo. Mas numa democracia, com uma imprensa vibrante, partidos de oposição, e uma classe média confortável que tem tudo a perder em uma guerra, a guerra é muito mais difícil de cultivar. É difícil para chicotear a febre da guerra, quando existe uma imprensa cética e mães que procuram saber por que seus filhos estão indo para a guerra. Haverá ainda guerras no futuro. Como o teórico militar prussiano Carl von Clausewitz disse certa vez: *"A guerra é política por outros meios"*. Embora ainda tenhamos guerras, a sua natureza vai mudar a democracia se espalhando pelo mundo. (Há outra razão pela qual as guerras salariais se tornarão cada vez mais difíceis com o mundo se tornando mais rico e as pessoas têm mais a perder. O teórico político Edward Luttwak tem escrito que as guerras são muito mais difíceis de travar, porque as famílias são menores hoje. No passado, a família média tinha dez filhos ou mais; o mais velho herdava a fazenda, enquanto os irmãos mais jovens se uniam à igreja, aos militares, ou procuravam a sua sorte em outro lugar. Hoje, quando uma família típica tem uma média de 1,5 filhos, não

há mais excesso de crianças facilmente pra encher os exércitos e o sacerdócio. Por isso, as guerras salariais serão muito mais difíceis, especialmente entre as democracias e as guerrilhas do terceiro mundo.) As nações irão enfraquecer, mas ainda existirão em 2100. Elas ainda serão necessárias para aprovar leis e solucionar problemas locais. No entanto, seu poder e influência serão muito reduzidos como os motores do crescimento econômico regional se, em seguida, a nível mundial. Por exemplo, com a ascensão do capitalismo no final dos anos 1800 e início de 1700, as nações foram necessárias impuseram uma moeda comum, língua, leis fiscais e regulamentares relativas ao comércio e patentes. As leis Feudais e tradições, o que dificultava o avanço do livre comércio, comércio e finanças, foram rapidamente demolidas pelos governos nacionais. Normalmente, esse processo pode demorar um século ou mais, mas nós vimos uma versão acelerada do presente, quando Otto Von Bismarck, o Chanceler de Ferro, forjou o Estado moderno alemão em 1871. Da mesma forma, esta marcha em direção a uma civilização Tipo I está mudando a natureza do capitalismo, e do poder econômico está gradualmente mudando de governos nacionais dos poderes regionais e blocos comerciais. Isso não significa, necessariamente, um governo mundial. Há muitas maneiras de uma civilização planetária que puder existir. É claro que os governos nacionais vão perder poder relativo, mas o que vai poder preencher o vazio vai depender de muitas tendências históricas, culturais e nacionais que são difíceis de prever. As doenças serão controladas em uma escala planetária. No passado remoto, as doenças virulentas não eram realmente tão perigosas, porque a população humana era muito baixa. O vírus Ebola incurável, por exemplo, é provavelmente uma doença antiga que infectou apenas algumas vilas ao longo de milhares de anos. Mas a rápida expansão da civilização em áreas anteriormente desabitadas e o surgimento das cidades significa que algo parecido com o Ebola tem que ser acompanhado atentamente. Quando a população de cidades atingidas á várias centenas de milhares de milhão, de doenças que podem se espalhar rapidamente e criar uma verdadeira epidemia. O fato que a Peste Negra matou talvez metade da população europeia fosse uma indicação, ironicamente, do progresso, porque a população havia alcançado a massa crítica para as epidemias e as rotas de navegação ligavam as antigas cidades ao redor do mundo. O recente surto da gripe H1N1 é assim uma medida do nosso progresso também. Talvez originária da Cidade do México, a doença espalhou-se rapidamente em todo o mundo através de viagens de jato. Mais importante, ele levou apenas uma questão de meses, para as nações do mundo para a sequência de genes do vírus e em seguida, criar uma vacina para ela que estar disponível para dezenas de milhões de pessoas.

O Terrorismo e as Ditaduras

Há grupos, no entanto, que instintivamente resistem à tendência de um tipo de civilização planetária que eu, porque sei que ela é progressiva, livre, científica, próspera e educada. Estas forças podem não ser conscientes desse fato e não podem articulá-lo, mas eles estão na verdade lutando contra a tendência em direção a uma civilização do Tipo I. São eles: Os terroristas islâmicos: que preferem voltar á séculos atrás, até o século XI, em vez de viverem no século XXI. Eles não podem armar o seu descontentamento desta forma, mas, a julgar pelas suas próprias declarações, eles preferem viver em uma teocracia onde a ciência, as relações pessoais, e a política estão sujeitos a rigorosas regras religiosas. (Eles se esquecem de que, historicamente, a proeza de grandeza científica e tecnológica da civilização islâmica foi igualada apenas pela sua tolerância de novas ideias. Esses terroristas não entendem a verdadeira fonte da grandeza do passado islâmico).

As ditaduras: que dependem de manter seu povo ignorante da riqueza e do progresso do mundo exterior. Um exemplo marcante foi às manifestações que se apoderaram do Irã em 2009, onde o governo tentou suprimir as ideias dos manifestantes, que usavam o Twitter e YouTube em sua luta para levar sua mensagem ao mundo. No passado, as pessoas disseram que a pena era mais poderosa que a espada. No futuro, ela será o chip que é mais poderoso que a espada. Uma das razões para o povo da Coreia do Norte, uma nação horrivelmente empobrecida, não ser rebelde, é porque lhes é negado qualquer contato com o mundo, cujas pessoas, acreditam eles, também estarem morrendo de fome. Em parte, não percebendo que eles não têm de aceitar o seu destino, eles enfrentam dificuldades incríveis.

Tipo II de Civilização

No momento em que uma sociedade atingir em milhares anos no futuro o status do Tipo II, se tornará imortal. Nada é conhecido pela ciência que pode destruir uma civilização do Tipo II. Uma vez que irão conseguir dominar o clima, as eras glaciais podem ser evitadas ou alteradas. Meteoros e cometas também podem ser desviados. Mesmo que os seus sol vai supernova, o povo será capaz de fugir para outro sistema estelar, ou talvez prevenir a sua estrela de explodir. (Por exemplo, se o seu sol se transformar em um gigante vermelho, eles podem usar asteroides swing capazes em torno de seu planeta em um efeito de ricochete, a fim de mover o seu planeta para o mais longe do Sol). Uma forma em que uma civilização do Tipo II pode ser capazes de explorar toda a produção de energia de uma estrela é criar uma gigantesca esfera em torno dele que absorve toda a luz solar da estrela. Isso é chamado de uma esfera Dyson.

A civilização do Tipo II, provavelmente, estará em paz consigo mesma. Desde que a viagem espacial não seja tão difícil, vai ter permanecido como uma civilização Tipo I, durante séculos, a abundância de tempo para resolver as divisões de dentro da

sociedade. No momento em que uma civilização Tipo I que atingir o status II, terão colonizado não só todo o sistema de energia solar, mas também as estrelas próximas, talvez por várias centenas de anos-luz, mas não muito mais. Eles continuarão a ser limitados pela velocidade da luz.

Tipo III de Civilização

No momento em que uma civilização atingir o status do Tipo III, que terá explorado mais da galáxia. A maneira mais conveniente para visitar as centenas de bilhões de planetas é enviar seres auto replicantes, ou seja, sondas robóticas em toda a galáxia.

Uma sonda de Von Neumann é um robô que tem a capacidade de fazer cópias ilimitadas de si mesma, mas as terras em uma lua (uma vez que estão livres da ferrugem e da erosão) e faz uma fábrica de terra lunar, o que gera milhares de cópias de si mesmo. Cada cópia-foguete indo para outros sistemas estelares distantes e fazendo milhares de cópias a mais. Começando tal com uma sonda, criando rapidamente uma esfera de trilhões destas sondas auto replicantes expandindo em velocidade próxima à da luz, fazendo o mapeamento de toda a galáxia da Via Láctea em apenas 100 mil anos. Sabendo que a idade do universo seja de 13,7 bilhões de anos, há uma abundância de tempo em que essas civilizações possam ter evoluído ou se (destruído). (Tal crescimento rápido e exponencial é também o mecanismo pelo que se espalha um vírus no nosso corpo). Há outra possibilidade, no entanto. No momento em que uma civilização atingir o status Tipo III, o seu povo terá recursos energéticos suficientes para provar a *"Energia de Planck"*, ou seja, 1.019.000 milhões de elétron-volts, a energia a que o tempo-espaço se torne instável. (A energia de Planck é de um quadrilhão de vezes maior do que a energia produzida pelo nosso acelerador de átomos o maior, o Large Hadron Collider (LHC) de Genebra. É a energia em que a teoria da gravitação de Einstein, finalmente, quebrava. Nesta energia, é a teoria de que o tecido do espaço-tempo, finalmente, a lágrima, a criação de portais minúsculos que poderiam levar a outros universos, ou de outros pontos no espaço-tempo).

Aproveitar esta vasta energia que seria necessária para máquinas colossais numa escala inimaginável, mas se elas pudessem fazer sucesso em atalhos possíveis através do tecido do espaço e do tempo, seja por espaço ou comprimindo passando pelos buracos de minhoca. Supondo que eles pudessem superar uma série de difíceis obstáculos teóricos e práticos (como o aproveitamento da energia positiva e negativa suficiente e a remoção das instabilidades), é concebível que eles possam ser capazes de colonizar toda a galáxia. Isso levou muitas pessoas a especular sobre o porquê que essas civilizações não têm nos visitado. Onde elas estão? Os críticos perguntam. Uma

resposta possível é que talvez elas já tenham nos visitado, mas nós somos demasiadamente primitivos para notar. As sondas auto replicantes de Von Neumann, seriam a maneira mais prática de explorar a galáxia, e os robôs replicantes não teriam que de ser enormes. Eles podem ser de apenas alguns centímetros de comprimento, por causa de avanços revolucionários da nanotecnologia. Eles podem ser visíveis, mas nós não os reconheceríamos porque nós estamos procurando a coisa errada, ou esperando uma enorme nave carregando alienígenas do espaço sideral. Mais do que provavelmente, a sonda irá ser totalmente automática, e que vai fazer parte orgânica e parte eletrônica, e não conterá quaisquer organismos alienígenas em tudo. E quando o fizermos, eventualmente, atender os alienígenas do espaço, podemos ser surpreendidos, porque eles poderiam ter alterado há muito tempo sua biologia utilizando a robótica, nanotecnologia e biotecnologia.

Outra possibilidade é que eles se autodestruiriam. Como dissemos, a transição do tipo 0 e do Tipo I é a mais perigosa, uma vez que ainda tem toda a selvageria, o fundamentalismo, o racismo, e assim por diante que são traços do passado. É possível que um dia, quando nós visitássemos as estrelas, poderemos encontrar evidências de civilizações do Tipo 0 que não conseguiram fazer a transição para o Tipo I (por exemplo, suas atmosferas podem ser muito quentes ou muito radioativas, para sustentar a vida).

SETI (Busca de Inteligência Extraterrestre)

No presente momento, as pessoas do mundo não estão certamente conscientes da marcha em direção a uma civilização planetária de Tipo I. Não há autoconsciência coletiva que essa transição histórica esteja ocorrendo. Se você pegar uma pesquisa, algumas pessoas podem estar vagamente conscientes do processo de globalização, mas, não há consciência de que estamos caminhando para um destino específico. Tudo isso pode mudar de repente, se encontrarmos indícios de vida inteligente no espaço exterior. Então, seria imediatamente consciente do nosso nível tecnológico da relação a esta civilização alienígena. Os cientistas em particular, ficariam extremamente interessados em que tipos de tecnologias esta civilização alienígena dominaria.

Embora não se possa saber com certeza, provavelmente dentro deste século, vamos detectar uma civilização avançada no espaço, tendo em conta os rápidos avanços na nossa tecnologia. Duas tendências tornaram isso possível. A primeira é o lançamento de satélites projetados especificamente para encontrar pequenos planetas extrassolares rochosos, que são os satélites Corot e Kepler. O Kepler consegue a identificação de até 600 pequenos, planetas como a Terra no espaço. Uma vez que esses planetas tenham sido identificados, com o próximo passo que é centrar a nossa busca inteligente para as emissões desses planetas. Em 2001, o bilionário da Microsoft Paul

Allen começou a doar fundos, agora mais de US $ 30 milhões, para impulsionar o estagnado programa SETI. Aumentando o número de radiotelescópios na instalação Hat Creek, localizada ao norte de San Francisco. O Allen Telescope Array, quando ficar totalmente operacional, terá 350 rádios telescópios, se tornando as instalações mais avançadas de rádio telescópio do mundo. Enquanto no passado os astrônomos têm verificado um pouco mais de 1.000 estrelas na busca de vida inteligente, a nova matriz Allen vai aumentar esse fator de 1.000, para um milhão de estrelas. Embora os cientistas tenham procurado em vão por sinais de civilizações avançadas por quase cinquenta anos, só recentemente estes dois desenvolvimentos dado um impulso muito necessário para o programa SETI. Muitos astrônomos acreditam que simplesmente não havia muito esforço e que só havia muito poucos recursos dedicados a este projeto. Com este afluxo de novos recursos e novos dados, o programa SETI está se tornando um projeto científico sério.

É concebível que nós possamos, neste século, detectar sinais de uma civilização inteligente no espaço. (Seth Shostak, do diretor do Instituto SETI na Area Bay, disse-me que dentro de 20 anos, ele espera fazer contato com uma civilização. Isso pode ser otimista demais, mas é seguro dizer que dentro deste século seria estranho se não detectássemos sinais de outra civilização no espaço.) Se forem encontrados sinais de uma civilização avançada, o que poderia ser um dos marcos mais significativo da história humana.

Os filmes de Hollywood gostam de descrever o caos, que este evento pode desencadear, com os profetas, dizendo-nos que o fim está próximo, ou os cultos religiosos loucos indo para a prorrogação, etc. A realidade, porém, é mais mundana. Não haverá nenhuma necessidade de pânico imediato, uma vez que esta civilização não pode mesmo saber que estamos escutando as suas conversas. E se o fizessem, conversas diretas entre eles a nós seria difícil, dada a sua enorme distância de nós. Primeiro, eles podem levar meses ou anos para decodificar totalmente a mensagem e, em seguida, para classificar essa tecnologia da civilização, para ver se ele se encaixa na classificação Kardashev. Em segundo lugar, a comunicação direta com eles provavelmente seria improvável, pois à distância para a civilização seria á de muitos anos-luz de distância, muito longe de qualquer contato direto.

Assim, seríamos capazes apenas de observar esta civilização, ao invés de continuar qualquer conversa. Haverá um esforço para construir transmissores de rádio gigantescos que pudessem enviar mensagens de volta aos aliens. Mas, na verdade, pode demorar séculos antes de qualquer comunicação de duas vias seja possível com esta nova civilização.

As Novas Classificações

A classificação Kardashev foi introduzida na década de 1960, quando os físicos estavam preocupados com a produção de energia. Entretanto, com a espetacular ascensão da potencia dos computadores, a atenção se voltou para a revolução da informação, onde o número de bits processados por uma civilização se tornou tão relevante quanto a sua energia de produção.

Podemos imaginar, por exemplo, uma civilização alienígena em um planeta onde os computadores são impossíveis porque sua atmosfera conduz eletricidade. Neste caso, qualquer dispositivo elétrico em breve curto-circuito, gerando faíscas, de modo que somente as formas mais primitivas de aparelhos elétricos seriam possíveis. Qualquer dínamo em grande escala e o computador rapidamente queimaria. Podemos imaginar que uma civilização pode eventualmente dominar combustíveis fósseis ou energia nuclear, mas a sociedade não seria capaz de processar grandes quantidades de informação. Seria difícil para eles criarem uma Internet ou um sistema de telecomunicações planetário, pelo que a sua economia ou progresso científico seriam atrofiados. Embora eles sejam capazes de subir a escala Kardashev, ela seria muito lenta, sofrida e sem computadores. Portanto, Carl Sagan apresenta outra escala, com base no processamento de informações. Ele concebeu um sistema em que as letras do alfabeto, de A-Z correspondesse à informação. Um tipo civilização A é um processo que apenas um milhão de peças de informação, o que corresponde a uma civilização que tem apenas uma língua falada, mas não uma escrita. Se compilar todas as informações que tem sobrevivido desde a Grécia antiga, que tinha uma florescente escrita língua e literatura, é cerca de um bilhão de bits de informação, tornando-se uma civilização do Tipo C. Subindo na escala, podemos estimar a quantidade de informações que a nossa civilização processa. Um palpite nos coloca em uma civilização de tipo H. Então, portanto, da transformação de energia e informação da nossa civilização produz um tipo de civilização 0,7 H.

Nos últimos anos, surgiu outra preocupação: a poluição e o desperdício. Energia e as informações não são suficientes para classificar uma civilização. Na verdade, a energia mais uma civilização e consome mais informação que jorra mais poluição e resíduos que podem produzir. Esta não é uma questão acadêmica, já que os resíduos de uma civilização Tipo I ou II pode ser o suficiente para destruí-la. A civilização do Tipo II, por exemplo, consome toda a energia que é produzida por uma estrela. Digamos que seus motores tenham 50 por cento de eficácia, o que significa que metade dos resíduos que produz é na forma de calor. Isso é potencialmente desastroso, porque significa que a temperatura do planeta aumentará até que derreta! Pense em bilhões de usinas de carvão em um planeta, arrotos enormes de quantidades de calor e de gases que aqueceriam o planeta a tal ponto que a vida seja impossível. Freeman Dyson, de fato, uma vez tentou encontrar civilizações do Tipo II no espaço procurando por objetos que emitem principalmente radiação infravermelha, ao invés de raios X ou

luz visível. Isso ocorre porque uma civilização Tipo II, mesmo se quisesse esconder a sua presença de olhares indiscretos, criando uma esfera em torno de si mesma, inevitavelmente produziria calor suficiente para que ele pudesse brilhar com radiação infravermelha. Por isso ele sugeriu que a pesquisa para os sistemas de estrelas, os astrônomos que produzem luz principalmente por infravermelhos. (Em nenhum deles, porém, foram encontrados). Mas isso levanta a preocupação de que qualquer civilização que deixasse sua energia crescer fora de controle acabaria por se autodestruir. Veremos, portanto, que a energia e as informações não são suficientes para garantir a sobrevivência da civilização que se move para cima da escala evolutiva. Precisamos de uma nova escala, que levasse a eficiência, o calor, e a poluição em conta. A nova escala é baseada em outro conceito, chamado *entropia*.

O Ranking das Civilizações através da Entropia

Idealmente, o que queremos é uma civilização que se desenvolve em energia e informação, mas não tão sabiamente, de modo que seu planeta não se torne insuportavelmente quente ou inundado com os resíduos. Isto foi ilustrada no filme da Disney onde Wall-E, num futuro distante, temos a Terra tão poluída e degradada a que nós simplesmente deixamos a bagunça para trás e levamos uma vida autoindulgente em navios de cruzeiro de luxo à deriva no espaço sideral. Aqui é onde as leis da termodinâmica se tornam importantes. A primeira lei da termodinâmica diz simplesmente que você não consegue algo por nada, ou seja, não existe almoço grátis. Em outras palavras, a quantidade total de matéria e energia no universo é constante. Mas, como vimos no capítulo 3, à segunda lei é a das mais interessantes e, de fato, podem, eventualmente, determinar o destino de uma civilização avançada. Simplificando, a segunda lei da termodinâmica diz que a quantidade total de entropia * (desordem ou caos) sempre aumenta. Isso significa que todas as coisas devem passar, os objetos devem se desgastar, decair, enferrujar, ou se afastar. (Nós nunca vemos diminuir a entropia total. Por exemplo, nunca vemos ovo frito saltar da frigideira e voltar para o reservatório. Nós nunca vemos os cristais de açúcar em uma xícara de café, e de repente unmix e saltar em sua colher. Estes eventos são tão raros que a palavra "unmix" não existe no Inglês, ou em qualquer outra linguagem.) Portanto, se as civilizações do futuro cegamente produzirem energia como origem a uma civilização do Tipo II ou III, que irão criar tanto calor que seu planeta natal vai se tornar inabitável. A Entropia, sob a forma de calor, caos e poluição, essencialmente destruiria sua civilização. Do mesmo modo, se produzirem informações com a derrubada de florestas inteiras e gerando montanhas de resíduos de papel, a civilização seria sepultada em seu próprio lixo de informações. Portanto, temos de introduzir ainda outra escala para classificar as civilizações. Temos de introduzir dois novos tipos de civilizações. A

primeira é uma civilização *"entropia de conservação",* uma que usa todos os meios ao seu alcance para controlar excesso de resíduos e calor. Conforme suas necessidades energéticas continuem a crescer exponencialmente, percebe-se que seu consumo de energia pode alterar o meio ambiente planetário, tornando a vida impossível. A desordem ou entropia total produzida por uma civilização avançada continuará a evoluir, isto é inevitável. Mas a entropia pode diminuir o local em seu planeta se eles usarem da nanotecnologia e das fontes renováveis de energia para eliminar desperdício e ineficiência.

A segunda civilização, uma civilização "desperdício de entropia", continua a expandir seu consumo de energia sem limite. Eventualmente, se o planeta se tornar inabitável, a civilização pode tentar fugir dos seus excessos, expandindo para outros planetas. Mas o custo da criação de colônias no espaço exterior será limite de sua capacidade de expandir. Se a entropia crescer mais rápido do que sua capacidade de expandir para outros planetas, então ele vai enfrentar o desastre.

De Senhores da Natureza para os Conservadores da Natureza

Como mencionamos anteriormente, nos tempos antigos que eram observadores passivos da dança da natureza, olhando com espanto para todos os mistérios em torno de nós. Hoje, nós somos como coreógrafos da natureza, capazes de ajustar as forças da natureza, aqui e ali. E em 2100, nós nos tornaremos senhores da natureza, seremos capazes de mover objetos com a mente, controlar a vida e a morte, e alcançar as estrelas. Mas se nós nos tornamos senhores da natureza, teremos também de nos tornar conservadores da natureza. Se deixarmos que a entropia aumente sem limite, inevitavelmente iríamos perecer pelas leis da termodinâmica. A civilização do Tipo II, por definição, consome tanta energia quanto uma estrela, e, portanto, a temperatura da superfície do planeta seria escaldante se a entropia fosse permitida a crescer sem parar. Mas existem formas de controlar o crescimento da entropia.

Por exemplo, quando visitamos um museu e vemos as máquinas a vapor enormes do século XIX, com suas caldeiras enormes e carros cheios carvão preto, nós vemos como eles foram ineficientes, o desperdício de energia e gerando enormes quantidades de calor e poluição. Se formos comparar com o silencioso, e elegante trem elétrico, vemos como é muito mais eficiente o uso de energia hoje. A necessidade de gigantescas usinas de queima de carvão, arrotos enormes quantidades de resíduos calor e poluição no ar, pode ser muito reduzida se os aparelhos das pessoas pudessem ser mais eficientes em termos energéticos através de energia renovável e miniaturização.A Nanotecnologia nos dá a oportunidade para reduzir o calor ainda mais os desperdícios

quando as máquinas são miniaturizadas para a escala atômica. Além disso, se supercondutores a temperatura ambiente encontram-se neste século, isso significa uma revisão completa das nossas necessidades energéticas. O calor, na forma de atrito, será muito reduzido, aumentando a eficiência de nossas máquinas. Como dissemos, a maioria de nosso consumo de energia, especialmente transporte, entra em superação do atrito. É por isso que nós colocamos gasolina em tanques de combustível, ainda que fosse necessária quase nenhuma energia para se deslocar da Califórnia a Nova York, se não houvesse atrito. Pode-se imaginar que uma civilização avançada seria capaz de executar muito mais tarefas com menos energia que usamos hoje. Isso significa que poderemos ser capazes de colocar limites numéricos sobre a entropia produzida por uma civilização avançada.

A Transição mais Perigosa

A transição entre a nossa atual civilização de Tipo 0 para uma futura civilização de Tipo I talvez seja a maior transição da história. Ela vai determinar se vamos continuar a prosperar e florescer, ou perecer, devido a nossa própria loucura. Esta transição é extremamente perigosa, porque ainda temos toda a bárbara selvageria que caracterizam a nossa ascensão dolorosa do pântano. As cascas de volta do verniz da civilização, e ainda vemos as forças do fundamentalismo, sectarismo, racismo, intolerância no trabalho, etc. A natureza humana não mudou muito nos últimos 100 mil anos, só que agora temos armas nucleares, químicas e biológicas temos armas para acertar velhas contas. No entanto, uma vez que fizermos a transição para uma civilização do Tipo I, teremos muitos séculos para resolver nossas diferenças. Como vimos nos capítulos anteriores, colônias espaciais continuariam a ser extremamente caras e no futuro, é pouco provável que uma fração significativa da população mundial vai deixar a Terra e colonizar Marte ou o cinturão de asteroides. Até que um foguete radicalmente novo reduzisse o custo ou até que o elevador espacial fosse construído, as viagens espaciais continuarão a ser província de governos e dos ricos. Para a maioria da população da Terra, isso significa que eles vão permanecer no planeta quando nós alcançarmos o status do Tipo I. Isto também significa que teremos séculos para descobrir as nossas diferenças como uma civilização de Tipo I.

A Busca da Sabedoria

Nós vivemos em tempos excitantes. A ciência e a tecnologia estão abrindo mundos para nós que anteriormente podíamos apenas sonhar. Ao olhar para o futuro da ciência, com todos os seus desafios e perigos, eu vejo esperança genuína. Vamos descobrir mais sobre a natureza, nas próximas décadas do que em toda a história humana combinada várias vezes e muitos mais. Mas nem sempre foi assim.

Considere as palavras de Benjamin Franklin, um grande estadista/cientista da América no passado, quando ele fez uma previsão não apenas sobre o próximo século, mas sobre os próximos mil anos. Em 1780, ele lamentou que muitas vezes os homens agiam como lobos um em direção ao outro, principalmente por causa da pesada carga de sobreviver em um mundo cruel. Ele escreveu: -*"É impossível imaginar a altura a que pode ser transportada, em mil anos, o poder do homem sobre a matéria. Talvez possamos aprender a privar grandes massas de sua gravidade, e dar-lhes leveza absoluta, por uma questão de fácil transporte. Agricultura pode diminuir seu trabalho e duplicar a sua produção; todas as doenças podem, por meio seguro ser prevenidas ou curadas, e sem exceção, mesmo que de idade avançada, e as nossas vidas se estenderiam em prazer, mesmo para além do padrão antediluviano".* Ele foi escrito num momento em que os camponeses estavam arranhando uma existência sombria do solo, quando carroças podres puxadas por bois levavam as coisas para o mercado, quando a pragas e a fome eram um fato da vida, e só os poucos sortudos viviam além da idade de quarenta anos. (Em Londres, em 1750, dois terços das crianças morriam antes chegaram à idade de cinco anos). Franklin viveu em uma época em que parecia impossível que um dia pudéssemos ser capazes de resolver esses problemas de velhice. Ou, como Thomas Hobbes escreveu em 1651, a vida era "solitária, pobre, sórdida, embrutecida e curta". Mas hoje, muito aquém dos mil anos de Franklin, suas previsões estão acontecendo. Esta fé que a razão, da ciência e do intelecto que um dia nos liberta da opressão do passado, foi retomada na obra do Marquês Condorcet que em 1795 escreveu o *Esboço: Quadro Histórico dos Progressos do Espírito Humano,* alguns dizem que esta é a previsão mais precisa de eventos futuros já escritos. Ele fez uma ampla variedade de previsões, que eram bastante heréticas, mas tudo se tornou realidade. Ele previu que as colônias do Novo Mundo acabariam por se libertar da Europa e, em seguida, avançariam rapidamente, se beneficiando da tecnologia da Europa. Ele previu o fim da escravidão em toda parte. Ele previu que as explorações agrícolas aumentariam grandemente a quantidade e a qualidade dos alimentos que se produziam por hectare. Ele previu que a ciência aumentaria rapidamente, a favor em benefício da humanidade. Ele previu que nós estaríamos livres da labuta da vida diária e teríamos mais tempo de lazer. Ele previu que o que um dia o controle de natalidade seria generalizado. Em 1795, parecia impossível que estas previsões pudessem ser cumpridas.

Benjamin Franklin e o Marquês de Condorcet ambos viveram em uma época em que a vida era curta e brutal e a ciência ainda estava em sua infância. Olhando para

trás nestas previsões, podemos apreciar plenamente os rápidos avanços em ciência e tecnologia, que criou a riqueza e generosidade o suficiente para tirar bilhões da barbárie do passado. Olhando para trás, o mundo de Franklin e Condorcet, podemos perceber que, de todas as criações da humanidade, de longe a mais importante foi à criação da ciência. A ciência tem nos levado de onde começamos das profundezas do pântano e nos lançou ao limiar das estrelas. Mas a ciência não para. Como mencionado anteriormente, até 2100, teremos o poder dos deuses da mitologia que uma vez foram adorados e temidos. Em particular, a revolução do computador deve nos dar a capacidade de manipular a matéria com as nossas mentes, a revolução biotecnológica deve nos dar a capacidade para criar a vida quase sob- demanda e ampliar a nossa expectativa vida, e a revolução da nanotecnologia pode nos dar a capacidade de mudar a forma de objetos e até mesmo criá-los a partir do nada. E tudo isso pode eventualmente levar à criação de uma civilização planetária de Tipo I. Assim, a geração que agora vivo é a mais importante que já andou na face da Terra, pois irá determinar se vamos chegar a um tipo de civilização ou se cairemos no abismo. Mas a ciência por si só, é moralmente neutra. A ciência é como uma espada de dois gumes. Um lado da espada pode cortar vencer a pobreza, doença e ignorância. Mas o outro lado da espada pode ir contra as pessoas. Como essa poderosa espada é empunhada depende da sabedoria de seus manipuladores. Como Einstein disse certa vez: *"A ciência pode apenas determinar o que é, mas não o que será, e para além do seu reino, juízos de valor continuam a ser indispensáveis"*. A Ciência resolve alguns problemas, apenas para criar outros, mas em um nível superior. Nós vimos o lado bruto destrutivo da ciência, durante 1ª e a 2ª Guerra Mundial. O mundo assistiu com horror como a ciência pode trazer a ruína e a devastação em uma escala nunca antes vista, com a introdução do gás venenoso, a metralhadora, bombardeamento de cidades inteiras, e da bomba atômica. A selvageria da primeira parte do século XX desencadeou violência quase além da compreensão.   Mas a ciência também permitiu a humanidade reconstruir e superar a ruína da guerra, criando ainda maior paz e prosperidade para bilhões de pessoas. Assim, o verdadeiro poder da ciência é que ela permite nos capacitar, nos dando mais opções. A Ciência engrandece o espírito inovador, criativo e duradouro da humanidade, assim como nossas gritantes deficiências.

Sabedoria: A Chave para o Futuro

A chave, portanto, é encontrar a sabedoria necessária para empunhar a espada da ciência. Como o filósofo Immanuel Kant disse certa vez: -*"A ciência é conhecimento organizado. Sabedoria é vida organizada"*. Em minha opinião, a sabedoria é a capacidade de identificar as questões cruciais do nosso tempo, analisá-los de diferentes pontos de vista e perspectivas, e depois escolher o que levar a cabo em um objetivo nobre e com princípios. Em nossa sociedade, a sabedoria é difícil de encontrar. Como Isaac Asimov disse certa vez: -*"O aspecto mais triste do direito da sociedade atual é que o conhecimento reúne ciência mais rápido do que a sabedoria reúne sociedade"*. Ao contrário da informação, ela não pode ser dispensada através de blogs e conversas na Internet. Uma vez que estamos nos afogando em um oceano de informações, o bem mais precioso na sociedade moderna é a sabedoria. Sem sabedoria e discernimento, somos deixados à deriva sem rumo e sem propósito, com uma sensação de vazio, oco, após a novidade da informação ilimitada puder ficar desgastada. Mas de onde vem à sabedoria? Em parte, a sabedoria vem fundamentada e informada do debate democrático de lados opostos. Este debate é muitas vezes confuso, indecoroso, e sempre rouco, mas longe das trovoadas e da fumaça emerge uma visão genuína. Em nossa sociedade, esse debate surge na forma de democracia. Como Winston Churchill uma vez observou: -*"A democracia é a pior forma de governo, exceto todas as outras que têm sido experimentadas de tempos em tempos"*. Assim, a democracia não é fácil. Você tem que trabalhar para isso. George Bernard Shaw disse certa vez: -*"A democracia é um dispositivo que garante que será regido não melhor do que merecemos"*. Hoje, a Internet, com todas as suas faltas e excessos, está emergindo como um guardião das liberdades democráticas. Problemas que já foram debatidos á portas fechadas, estão agora sendo dissecados e analisados em milhares de sites.

Os ditadores vivem com medo da Internet, aterrorizados com o que acontece quando seu povo se levanta contra eles. Então, hoje, o pesadelo de 1984 se foi, com a Internet está mudando deixando de ser um instrumento de terror, e se transformando num instrumento da democracia. Fora da cacofonia de debate surge a sabedoria. Mas a melhor maneira de melhorar o debate, da poderosa democracia é através da educação, pois somente um eleitorado educado pode tomar decisões sobre as tecnologias que irão determinar o destino de nossa civilização. Em última análise, o povo vai decidir por si próprio quanto a levar esta tecnologia, e em que direção ela deve se desenvolver, mas apenas um eleitorado, informado e educado pode tomar essas decisões com sabedoria. Infelizmente, muitos lamentavelmente são ignorantes dos enormes desafios que enfrentaremos no futuro. Como podemos gerar novas indústrias para substituir as antigas? Como vamos preparar os jovens para o mercado de trabalho do futuro? Até

que ponto deverá impulsionar a engenharia genética em seres humanos? Como podemos renovar um decadente, e disfuncional sistema educacional para enfrentar os desafios do futuro? Como podemos enfrentar o aquecimento global e a proliferação nuclear? A chave para uma democracia é um eleitorado, educado, informado de que pode de forma racional e desapaixonada discutir as questões do dia. O propósito deste livro é para ajudar a iniciar o debate que irá determinar como este século irá se desenrolar.

O Futuro do Trem de Carga

Em resumo, o futuro é nosso para criar. Nada está escrito na pedra.

Como escreveu Shakespeare em *Júlio César*, -*"A culpa, caro Brutus, não está em nossas estrelas, mas... em nós mesmos"*. Ou, como Henry Ford disse uma vez, talvez, menos eloquente, -*"A história mais ou menos consiste em fugir. É tradição. Nós não queremos tradição. Nós queremos viver no presente e na história só que hoje é um funileiro que faz a história hoje"*.

Portanto, o futuro é como um trem de carga enorme descarrilando para baixo nos trilhos, a caminho. Atrás deste trem está o suor e esforço de milhares de cientistas que estão inventando o futuro em seus laboratórios. Você pode ouvir o apito do trem. Ele diz: inteligência artificial, biotecnologia, nanotecnologia e telecomunicações. No entanto, a reação de alguns é dizer: -*"Ah eu sou muito velho. Eu não posso aprender essas coisas. Vou apenas me deitar e ser atropelado pelo trem"*. No entanto, a reação dos jovens, enérgicos, e ambiciosos e querer dizer: -*"Me tirem do comboio! Este trem representa o meu futuro. É o meu destino. Coloque-me no assento do maquinista"*.

Esperemos que o povo deste século use a espada da ciência com sabedoria e compaixão. Mas talvez para entender melhor como possamos viver em uma civilização planetária, pode ser instrutivo para viver um dia no ano de 2100, para ver como estas tecnologias afetarão nossa vida diária, bem como as nossas carreiras e nossas esperanças e sonhos.

- *"De Aristóteles a São Tomás de Aquino, a perfeição, significava sabedoria enraizada na experiência e nas relações em que a vida e a moral fossem aprendidas através do exemplo.*

Nossa perfeição não reside na melhoria genética, mas no aperfeiçoamento do caráter" - Steven Post.

Capítulo 9

Um Dia na Vida em 2100

Janeiro de 2100, 06h15min. Depois de uma noite de festa pesada em New Year's Eve, você está dormindo. De repente, as luzes da parede da tela para cima. Um rosto amigável e familiar aparece na tela. É Molly, o programa de software que você comprou recentemente. Ela anuncia alegremente, *"John, acorde. Precisam de você no escritório. Em pessoa. É importante". "Mas agora? Espere um minuto, Molly! Você só pode estar brincando",* você resmunga. *"É dia de Ano Novo, e eu estou de ressaca. O que poderia ser tão importante afinal?*". Lentamente você se arrastar para fora da cama e relutantemente cabeça para fora do banheiro. Enquanto lava o seu rosto, centenas de sensores DNA escondidos e de proteína em no espelho, no lavatório e silenciosamente entram em ação, analisando as moléculas que emitem em sua respiração e fluidos corporais, verificando-se o menor indício de qualquer doença ao nível molecular. Saindo do banheiro, você enrolar alguns fios ao redor de sua cabeça, que lhe permitem controlar telepaticamente a sua casa: você mentalmente eleva a temperatura do apartamento, ligue uma música suave, diz ao cozinheiro robótico na sua cozinha para fazer café da manhã e uma porção de café, e a dar a ordem para que seu carro magnético saia da garagem e que esteja pronto para ir buscá-lo. Quando você entrar na cozinha, você verá braços mecânicos do robô cozinheiro preparando os ovos do jeito que você gosta deles. Então você coloca suas lentes de contato e se conecta a Internet. Piscando, você vê a internet como ela brilha na retina de seu olho. Enquanto toma o café quente, você começar a visualizar as manchetes que piscam em suas lentes de contato. O posto avançado em Marte está pedindo mais suprimentos. O inverno em Marte está se aproximando rapidamente. Se os colonos vão concluir a fase seguinte colonização, eles vão precisar de mais recursos da Terra para lidar com o tempo frio em ponto de congelamento. O plano é iniciar a primeira fase da terra formação de Marte elevando a temperatura de sua superfície.

•As primeiras naves estão prontas para lançamento. Milhões de nano robôs, cada um do tamanho de uma cabeça de alfinete, será disparado a partir da base lunar, o chicote em torno de Júpiter, usando o seu campo magnético, e cabeça para fora de uma estrela próxima. Vai levar anos, entretanto, diante de um punhado desses nanobots alcançarem seus destinos a outro sistema estelar. No entanto, outro animal extinto vai se juntar ao zoológico local. Desta vez, é um raro tigre dentes de sabre, trazido de volta através do DNA encontrado congelado na Tundra. Como a Terra está aquecendo, o DNA de mais e mais animais extintos foram recuperados e, em seguida clonados para

preencher zoológicos ao redor do mundo. O elevador espacial, depois de anos transportando carga para o espaço, agora está permitindo que um número limitado de turistas vá para o espaço sideral. Os custos das viagens espaciais já despencaram nos últimos anos por um fator de 50, dado o elevador de espaço aberto. As plantas mais antigas de fusão têm quase cinquenta anos de idade. Está chegando a hora para começar a desativação de algumas delas e construção de novas. Cientistas fazem um cuidadoso acompanhamento de um novo vírus letal que de repente saltou do Amazonas. Até agora, parece confinado a uma pequena área, mas não há nenhuma cura conhecida. Equipes de cientistas estão freneticamente sequenciando seus genes para saber seus pontos fracos e como começar a combatê-la. E de repente, um item chama a sua atenção:

• Um grande vazamento inesperado tem sido detectado nos diques ao redor de Manhattan. A menos que os diques sejam reparados, a cidade inteira poderia ficar submersa, assim como dezenas de outras cidades no passado. "Uh-oh", você diz para si mesmo. "É por isso que o escritório ligou e me acordou". Você pula vestido do café da manhã, e corre até a porta. Seu carro, que se dirigia para fora da garagem, está esperando por você lá fora. Você telepaticamente emite a ordem para o carro para levá-lo ao seu escritório o mais rapidamente possível. O carro magnético instantaneamente acessa a Internet, o GPS, e bilhões de chips escondidos na estrada que constantemente monitoram o tráfego. Seu carro magnético sai em silêncio, flutuando sobre uma almofada de magnetismo criada pela calçada supercondutora. O rosto de Molly de repente aparece no para brisa de seu carro. *"John, a mensagem mais recente de seu escritório, diz para você conhecer todos na sala de conferências. Além disso, você tem um vídeo com uma mensagem de sua irmã"*. Com o carro conduzindo sozinho, você tem tempo para fazer a varredura do correio de vídeo deixada por sua irmã. Sua imagem aparece em seu relógio de pulso e diz: *"John, lembre-se disso, fim de semana temos uma festa de aniversário para o Kevin, que faz agora seis anos. Você prometeu comprar-pra ele o cão robô mais moderno. E, por falar nisso, você está saindo com alguém? Eu estava jogando bridge na Internet, e conheci alguém que você ia gostar"*. "Uh-oh", você diz para si mesmo. Você ama o "cruzeiro" no seu carro magnético. Não existem buracos para se preocupar, já que ele paira sobre a estrada. O melhor de tudo, você raramente precisará colocar combustível, pois quase não há atrito para retardá-lo. (É difícil de acreditar, você pensa para si mesmo, que havia uma crise energética no início do século. Você balança a cabeça, percebendo que a maior parte dessa energia foi desperdiçada na fricção que já está superada). Você se lembrou de quando a rodovia supercondutora era inaugurada pela primeira vez. A mídia lamentou que a idade familiar da eletricidade estivesse chegando ao fim, dando início na nova era do magnetismo. Na verdade, você não perdeu a era de um pouco da eletricidade. Olhando de fora, vendo os carros lustrosos, caminhões e trens passando no ar, você percebe que o magnetismo é o caminho a percorrer, e economiza dinheiro no processo. Seu carro magnético agora cruzando a paisagem, o lixão da cidade. Você

vê que a maior parte do lixo que são de peças de computadores e robôs. Como os chips custam quase nada, mesmo menos que a água, os obsoletos estão se acumulando nos lixões da cidade ao redor do mundo. Fala-se sobre o uso de chips em aterros.

No Escritório

Finalmente, você chega a seu escritório, a sede de uma grande empresa de construção. Quando você entra, você dificilmente notará que um laser está silenciosamente verificando a íris e identificando o seu rosto. Não há mais necessidade de segurança para cartões de plástico. Sua identidade é o seu corpo. A sala está quase vazia, apenas com alguns colegas sentados à volta da mesa. Mas então, na sua lente de contato, as imagens 3D dos participantes começam a se materializar rapidamente ao redor da mesa. Aqueles que não podem comparecer ao escritório estão aqui holográficamente. Você olha ao redor da sala. Sua lente de contato identifica todas as pessoas sentadas à mesa, exibindo suas biografias e experiências. Há poucos figurões aqui, você logo percebe. Você faz uma anotação mental do pessoal que estava assistindo. A imagem de seu chefe de repente se materializa em sua cadeira. *"Senhores",* ele anuncia: *"como vocês provavelmente já ouviram falar, os diques em torno de Manhattan de repente começaram a vazar. A situação é séria, mas nós pegamos a tempo, portanto não há perigo de colapso. No entanto, infelizmente, os robôs que temos enviado para reparação falharam ao consertar os diques".*

Imediatamente, as luzes se apagam, e você está completamente cercado pela imagem 3D do dique subaquático. Você está completamente imerso na água, a imagem do dique com uma rachadura enorme bem na sua frente. Como a rotação de imagem, você pode ver exatamente onde a fuga ocorreu. Você pode ver um grande corte estranho no dique que lhe chama a atenção. *"Os robôs não são suficientes*", seu chefe continua. *"Este é um tipo de vazamento que não faz parte da sua programação. Precisamos de pessoas experientes para enviar lá embaixo e daí poderemos averiguar a situação e improvisar. Eu não tenho de lembrá-lo que, se isso não for feito, Nova York poderia sofrer o mesmo destino de outras grandes cidades, algumas destas agora estão debaixo d'água".*

Um arrepio percorre o grupo. Todas as pessoas da sala sabem os nomes das grandes cidades que tiveram de ser abandonadas, quando o nível do mar subiu. Embora renováveis as tecnologias e de fusão de combustíveis fósseis deslocados há muitas décadas como a principal fonte de energia do planeta, as pessoas ainda estão sofrendo com o dióxido de carbono que já estava liberado na atmosfera na primeira parte do século passado. Depois de muita discussão, foi decidido enviar a equipe humana de reparos controlando os robôs. Isto é aonde você vêm polegadas Você ajudou a projetar

esses robôs. Os assistentes humanos são colocados em cápsulas, onde os eletrodos são instalados em torno de suas cabeças. Os sinais do cérebro permitem-lhes fazer contato telepático com os robôs. De seus frutos, os pesquisadores podem ver e sentir tudo o que os robôs veem e sentem. É como estar lá em pessoa, exceto em um novo corpo sobre-humano.

Você está orgulhoso do seu trabalho. Estes robôs controlados telepaticamente provaram o seu valor muitas vezes. A base da lua é largamente controlada pelos pesquisadores humanos, que se deitam confortavelmente e com segurança em suas viagens á Terra. Mas uma vez que leva cerca de um segundo para um sinal de rádio para alcançar a Lua, isso também significa que esses pesquisadores têm que ser treinados para ajustar o tempo de espera. (Você gostaria de ter colocado seus robôs na base de Marte, também. Mas, uma vez que demora até 20 minutos para o sinal chegar até Marte e 20 minutos para voltar, a comunicação com os robôs em Marte seria muito difícil, foi decidido. Infelizmente, para todos os nossos progressos, há uma coisa que você não pode ajustar: a velocidade da luz.) Mas há algo incomodando na reunião.

Finalmente, você toma coragem de interromper o seu chefe. *"Senhor, eu odeio dizer isso, mas olhando para o vazamento no dique, a quebra é suspeita... como uma marca deixada por um de nossos próprios robôs"*. Um murmúrio alto imediatamente enche a sala. Você pode ouvir o coro crescente de acusações: *"Nosso próprio robô? Impossível. Absurdo. Isso nunca aconteceu antes, "* ele ouve o protesto das pessoas.

Então seu chefe acalma o ambiente e responde solenemente. *"Eu estava com medo que alguém iria levantar essa questão, então me deixe dizer que este é um assunto de grande importância, o que tem de ser mantido estritamente confidencial. Estas informações não devem sair desta sala, até que nós emitirmos nosso próprio comunicado. Sim, o vazamento foi causado por um dos nossos próprios robôs, que de repente saiu do controle"*. O Pandemônio irrompe na reunião. As pessoas estão sacudindo a cabeça. Se perguntando como isso pode acontecer? *"Nossos robôs tiveram um registro perfeito"*, o seu chefe insiste. *"Absolutamente impecável. Nem um único robô causou qualquer prejuízo, nunca. Seu mecanismo á prova de falhas de têm se mostrado eficazes. Estamos solidários com esse registro. Mas como você sabe, a nossa última geração de robôs avançados usam computadores quânticos, que são os mais poderosos disponíveis, mesmo se aproximando da inteligência humana. Sim, a inteligência humana. e, na teoria quântica, não há sempre uma probabilidade pequena, mas de que alguma coisa de errado vai acontecer. Nesse caso, perderia as estribeiras"*. Você vai para trás em sua cadeira, chocado pela notícia.

Em Casa Novamente

Foi um dia muito longo, primeiro organizando a equipe de reparos robô para corrigir o vazamento e, em seguida ajudar a desativar todos os robôs experimentais que utilizam computadores quânticos, pelo menos até que esta questão esteja definitivamente resolvida. Você finalmente chega a casa novamente. Está esgotado. Assim quando você afundar confortavelmente em seu sofá, Molly aparece na tela da parede. *"John, você tem uma mensagem importante do Dr. Brown".* Dr. Brown? O que seu médico robô tem a dizer? *"Coloque-o na tela",* você diz a Molly. O seu médico aparece na tela da parede. *"Dr. Brown"* é tão realista que às vezes esquecemos que ele é apenas um software do programa. *"Desculpe incomodá-lo, John, mas há algo que eu tenho que chamar a sua atenção.* "*Você se lembra de seu acidente de esqui no ano passado, aquele que quase matou você?".* Como você pôde esquecer? Você ainda treme quando você se lembra em como você se chocou com uma árvore enquanto esquiava no que resta dos Alpes. Como a maioria dos Alpes a neve já havia derretido, e você tivesse que escolher um resort desconhecido em uma altitude muito elevada. Desacostumado com o terreno, você acidentalmente caiu no declive e bateu em um monte de árvores, á quarenta milhas por hora. Ouch! O Dr. Brown continua: *"Meu registros mostram que você estava inconsciente, sofrendo uma concussão e maciças lesões internas, mas suas roupas salvaram a sua vida*". Embora você estivesse inconsciente, suas roupas automaticamente chamavam uma ambulância, carregavam seu histórico médico, e localizado as suas coordenadas com precisão. Depois, no hospital, robôs realizariam uma microcirurgia para parar o sangramento, costurar pequenos vasos sanguíneos rompidos, e remendar outros danos. *"Seu estômago, fígado e intestinos foram danificados*", lembra o Dr. Brown. *"Felizmente, nós poderíamos fazer crescer um novo conjunto de órgãos para você bem á tempo".* De repente, você se sente um pouco como um robô mesmo, com tanto de seu corpo feito de órgãos crescidos em uma fábrica de tecidos. *"Sabe, John, meus registros também mostram que você poderia ter substituído o seu braço quebrado por um completamente mecânico. O braço robô teria a mais recente tecnologia o que aumentaria a força do seu braço por um fator de cinco. Mas você recusou*". "Sim", você responde, *"Eu acho que eu ainda sou um cara à moda antiga. Vou substituir a carne com o aço qualquer dia desses",* você diz. *"John, nós temos que fazer um check-up periódico de seus novos órgãos. Pegue o seu aparelho de ressonância magnética e, lentamente, passe ele sobre a área do estômago".* Você vai ao banheiro e pega um pequeno aparelho, do tamanho de telefone celular, e, lentamente, passá-lo sobre os seus órgãos. Logo na tela da parede, você pode ver a imagem 3D de seus órgãos internos se iluminando. *"John, nós estamos indo para analisar essas imagens para ver como seu corpo está se curando. Esta manhã, os sensores de DNA em seu banheiro detectaram o crescimento de câncer no pâncreas".* "Câncer?". De repente você se endireita. Você está confuso. - "Mas eu pensei que estava curado do câncer anos atrás. Ninguém fala ainda muito mais sobre isto. Como pode ainda ter câncer?". *"Na verdade, os cientistas nunca curaram o*

câncer. Vamos apenas dizer que estamos em uma trégua com câncer, um impasse. Existem muitos tipos de câncer. Como o resfriado comum. Nós nunca curaríamos todos eles. Nós vamos simplesmente isolá-lo. Eu pedi algumas nanopartículas para as células cancerosas. Há apenas umas cem delas. É apenas rotina. Mas sem esta intervenção, você provavelmente morreria em cerca de sete anos", sem muita emoção. "Ah, isso é um alívio", você diz para si mesmo. *"Sim, hoje, podemos localizar o câncer, anos antes de se formar um tumor",* diz o Dr. Brown. "Tumor? O que é isso? ", *"Ah, isso é uma palavra antiquada para um tipo de câncer avançado. Ela praticamente desapareceu da linguagem. Não se usa mais",* acrescenta Dr. Brown. Então você percebe que em toda essa excitação, você esqueceu que a sua irmã ameaçou configurá-lo com alguém. Você chama Molly novamente. "Molly, eu não estou fazendo nada neste fim de semana, assim que você pode encontrar uma data para mim? Você sabe o tipo de pessoa que eu gosto". *"Sim, suas preferências estão programadas em minha memória. Espere um minuto enquanto eu faço a varredura da Internet".* Depois de um minuto, Molly mostra os perfis das candidatas que também estão sentadas em frente de suas telas de parede, se fazendo a mesma pergunta. Após a digitalização das candidatas, você finalmente escolhe uma que lhe agrade. Essa pessoa, chamada Karen, de algum modo parece especial, você pensa consigo mesmo. "Molly, envie para Karen uma mensagem educada, perguntando se ela está disponível neste fim de semana. Há um novo restaurante que abriu em que eu quero tentar". Molly, então, envia o seu perfil de Karen em uma mala de vídeo. Naquela noite, você relaxa, tendo alguns dos seus colegas de trabalho vindo com a cerveja e assistindo um pouco de futebol. Seus amigos poderiam ter visto o jogo aparecer na sua sala por meio de imagens holográficas, mas de alguma forma, torcendo pelo time da casa é mais agradável para seus amigos entrando na empolgação em pessoa. Você sorri, imaginando que isso é, provavelmente, como era há milhares de anos, quando os homens das cavernas tinham de se relacionar um com o outro. De repente, a sala toda está iluminada, e parece que você está dentro do campo de futebol, na linha de 50 jardas. Como o zagueiro fazendo um passe em frente, você fica bem ao lado dele. O jogo está sendo jogado ao seu redor. Durante o intervalo, você e seus amigos começam avaliando os jogadores. Mais cerveja e pipoca, debate calorosamente sobre o jogador que treina mais, as práticas mais difíceis, tem os melhores treinadores, e tem o melhor terapeuta genético. Seu time da casa, você concordar com tudo, tem o melhor geneticista no campeonato, com os melhores genes que o dinheiro pode comprar. Depois de seus amigos irem embora, você ainda está muito animado para ir dormir. Então você decide jogar um jogo rápido de pôquer antes de dormir. "Molly", você pergunta, "é tarde, mas eu quero jogar pôquer. Estou com sorte. Alguém deve estar acordado na Inglaterra, China, Índia ou Rússia, que queira querer jogar algumas mãos agora.". *"Não há problema",* diz Molly. Uns números de rostos promissores aparecem na tela. Como as imagens 3D de cada jogador se materializando na sua sala, você gosta da ideia de ver quem pode blefar melhor. É

engraçado, você diz para si mesmo, que você esteja mais familiarizado com as pessoas em países distantes, que estão á milhares de quilômetros de distância, que com seus vizinhos do lado. As fronteiras nacionais não significam muito nestes dias. Finalmente, pouco antes de finalmente transformar em Molly interrompe de novo, aparecendo no espelho do banheiro. *"John, Karen aceitou o seu convite. Tudo está programado para esse final de semana. Vou fazer uma reserva naquele restaurante novo. Você deseja visualizar o perfil que ela escreveu sobre si mesma? Você quer que eu faça a varredura da Internet para verificar a exatidão de seu perfil? As pessoas costumam... mentir... ah... sobre o seu perfil".* "Não", você diz. "Vamos mantê-lo uma surpresa para o fim de semana". Depois desse jogo de pôquer, você se sente com sorte novamente.

O Fim de Semana

É o fim de semana que passou, e tempo para ir às compras e comprar um presente para o Kevin. "Molly, coloque o centro da tela". O shopping, de repente aparece na tela da parede. Você abana os braços e dedos, e da imagem na tela de traços na parede de um caminho através do shopping. Você faz um tour virtual até chegar à imagem da loja de brinquedos. Sim, eles têm exatamente os animais de estimação de brinquedo robôs que você deseja. Você telepaticamente move o carro para levar você para o shopping. (Você poderia ter ordenado a linha de brinquedos. Ou você poderia ter pegado as plantas por e-mail para você, e depois colocaria as instruções para que seu construtor "*materializasse*" o brinquedo em casa a partir do zero usando a *matéria programável*. Mas é sempre bom sair do apartamento e ir a uma loja de vez em quando).

Viajando em seu carro magnético, você olhar para fora e vê as pessoas caminhando. É um dia tão bonito. Você também pode ver os robôs de todos os tipos. Robôs passeando com cães. Os funcionários robôs, cozinheiros, recepcionistas e animais de estimação. Parece que cada tarefa que seja perigosa, repetitiva, ou exige apenas a simples interação humana está sendo repetida por robôs. De fato, os robôs são hoje um grande negócio. Tudo ao seu redor, você vê os anúncios para qualquer um que pode reparar serviço de atualização, ou construindo robôs.

Qualquer pessoa no campo da robótica tem um futuro brilhante. O negócio do robô é maior do que a indústria automotiva do século passado. E a maioria dos robôs, você perceber, estão escondidos, silenciosamente, reparando as infraestruturas da cidade e fazendo a manutenção dos serviços essenciais. Quando você chegar à loja de brinquedos, um recepcionista robô cumprimenta-lo na entrada. *"Posso ajudá-lo",* diz. "Sim, eu quero comprar um cachorro-robô". Você olha os cães e vê o mais recente robô. Incrível o que estes robôs de estimação podem fazer você diz para si mesmo. Eles podem jogar correr, buscar, fazer qualquer coisa que um cão pode fazer. Tudo

menos xixi no tapete. Talvez por isso os pais comprem para seus filhos, e você adora. Então você diz para o atendente robô "Eu estou comprando um animal de estimação de um robô para o meu sobrinho de seis anos de idade. Ele é muito inteligente. Mas ele também às vezes é tímido e quieto. Que tipo de cão pode ajudar a diminuir a sua timidez?" O robô responde: *"Senhor, me desculpe. Isso está fora da minha programação. Em que mais eu possa ajuda-lo no quesito, brinquedos?"* Você esqueceu que os robôs, não importam o quão versáteis, tem um longo caminho a percorrer antes de entender o comportamento humano. Então, você vai para a loja de departamentos masculina. Bem a tempo de substituir aquela sua velha roupa surrada, se você quiser impressionar no seu encontro. Você coloca em alguns modelos de ternos. Eles todos parecem elegantes, mas todos eles são do tamanho errado. Você está decepcionado. Mas depois que você tirar o seu cartão de crédito, que contém todas as suas precisas medições em 3D. Seus dados são armazenados em um computador, e então uma nova ação está sendo cortado em uma fábrica e em breve será entregue à sua porta. Farão o ajuste perfeito bem á tempo. Por último, você vai ao supermercado. Você faz a varredura de todos os chips escondidos em cada item de plástico no supermercado, e depois em suas lentes de contato você compara os preços de ver qual loja na cidade tem o produto mais barato, e os melhores produtos. Não mais aquelas suposições sobre quem têm os preços mais baixos.

O Encontro

Você tem olhado para frente a essa data, todas as semanas. Preparando-se para conhecer a Karen, você está surpreso que você se sinta como um aluno novato. Você decide se você vai convidá-la para seu apartamento depois do jantar, você vai ter que fazer alguma reforma séria de sua mobília desgastada. Felizmente, a maioria dos balcões de cozinha e móveis da sala são feitos de matéria programável. "Molly", você diz, "você pode me mostrar o catálogo de contadores de nova cozinha e móveis oferecidos pelo fabricante? Eu quero reprogramar o mobiliário. É porque ele parece tão velho". Em breve, as fotos dos modelos mais recentes de móveis são mostrados em slides na tela. "Molly, baixe os modelos para este balcão da cozinha, do sofá, e esta tabela, e depois os instale, por favor". Enquanto você está se preparando para o encontro, Molly faz os downloads e instala as plantas. Instantaneamente, a bancada da cozinha, sofá da sala, e mesa começam a se dissolver, transformando-se em algo parecido com massa, e então gradualmente prontos para as novas formas. Em uma hora, o seu apartamento parecerá novinho em folha. (Recentemente, você foi à digitalização do setor imobiliário na Internet, que eu reparei que as casas feitas de matéria programável estavam na moda. De fato, na sua empresa de engenharia, existem planos

ambiciosos para criar uma cidade inteira no deserto totalmente de matéria programável. Empurre um botão, e-puf!, uma cidade mágica instantaneamente).

Seu apartamento ainda parece um pouco monótono, você pensa. Você acena com a mão, e o modelo e cor da muda o papel de parede imediatamente. Tendo inteligente papel de parede bate certamente sem ter de pintar as paredes, você diz para si mesmo. Você pega algumas flores ao longo do caminho, e finalmente faz o encontro. Você está agradavelmente surpreendido. Você batê-lo fora imediatamente. Algo está clicando. Durante o jantar, você descobre que Karen é uma artista. Normalmente, ela brinca, ela pode estar sem dinheiro, passando fome e vendendo pinturas na calçada por uma ninharia. Em vez disso, ela é uma designer de muito sucesso web. Na verdade, ela tem sua própria companhia. Todos, ao que parece, querem os desenhos mais recentes para o Web. Há uma demanda tão grande para a arte criativa. Ela chama a alguns círculos no ar com os dedos, e algumas de suas animações aparecem no ar. *"Aqui estão algumas das minhas mais recentes criações",* diz ela orgulhosamente. Você comenta: "Você sabe, que como sou engenheiro, eu trabalho com robôs durante todo o dia. Alguns são muito avançados, mas também podem ser bem estúpidos, às vezes. No que consiste a sua técnica? São robôs fazendo estradas?". *"Absolutamente não",* protesta. Karen diz que trabalha exclusivamente com pessoas criativas, onde a commodity mais valorizada é a imaginação, algo que mais falta-nos mais avançados robôs. "Talvez eu esteja sendo antiquado, mas na minha área, usamos apenas robôs para fazer cópias ou fazer o trabalho de escritório", diz ele orgulhoso. *"Eu gostaria de ver o dia em que robôs possam fazer algo realmente original, como contar uma piada, escrever um romance, ou compor uma sinfonia".* Isso não aconteceu ainda, mas talvez, você pensa consigo mesmo.

Enquanto ela está falando, a questão passa pela sua mente. Quantos anos será que ela tem? Desde que o processo de envelhecimento fosse retardado medicamente anos atrás, as pessoas podiam ter qualquer idade. Seu site não diz quantos anos tinha. Mas ela não parece ter mais de 25. Depois de tomar sua casa, você começa a sonhar à toa. O que seria viver com uma pessoa como ela? Para passar o resto de sua vida com ela? Mas há algo que o está incomodando. E foi irritante para você todos os dias. Você encara a tela na parede e diz: "Molly, ligue para o Dr. Brown para mim". Você de repente se grato por médicos robóticos fazer chamadas de casa a qualquer hora do dia. E eles nunca reclamar ou dor de barriga. Não faz parte da sua programação. A imagem do Dr. Brown aparece instantaneamente na tela da parede. *"Existe alguma coisa incomodando você, meu filho?",* Ele pergunta de uma maneira paternal. -"Doutor, eu tenho que lhe fazer uma pergunta que vem me incomodando ultimamente". -*"Sim, o que é?* Pergunta o Dr. Brown", daí você pergunta, "quanto tempo você acha que eu vou viver?" -*" Você quer dizer qual é a sua expectativa de vida? Bem, nós realmente não sabemos. Seus registros dizem que você tem agora 72 anos de idade, mas os seus órgãos são biologicamente estão agora com 30 anos de idade. Vocês fizeram parte da*

primeira geração a ser geneticamente reprogramadas para se viver mais tempo. Você optou por parar de envelhecer á cerca de trinta anos. Não temos dados suficientes de sua geração, dos que ainda morreram, então não temos dados para trabalhar. Então não temos como saber quanto tempo você irá viver". "Então você acha que eu vou viver para sempre?" Pergunta você. -*"E ser imortal?"* Aparece uma carranca no Dr. Brown. -*"Não, eu não penso assim. Há uma grande diferença entre alguém que vive para sempre e alguém que tem uma vida abrangente de tanto tempo que não foi medido ainda".* "Mas se eu não envelhecesse", protesto que, "então como é que eu vou saber quando chegar..." Você para no meio da frase. "Ah, ok"... você vê, eu só conheci alguém, ah... especial, e, supondo que eu queira um plano de vida com ela, como faço para ajustar os estágios da minha vida a ela? "Se a minha geração não viveu o tempo suficiente para morrer ", daí você continua", então como é que eu vou saber quando casar, ter filhos, ou fazer um plano de aposentadoria? Você sabe, como faço para definir os marcos da minha vida?" -*"Eu não sei a resposta para isso. Você vê, a raça humana é agora uma cobaia de algum tipo",* diz o Dr. Brown. -*"Sinto muito, John". Agora você está em "águas desconhecidas".*

Os Próximos Meses

Os próximos meses são uma surpresa maravilhosa para você e Karen. Você a leva para a sala de realidade virtual, e se divertem vivendo, vidas imaginárias de mentirinha. Como sendo crianças novamente. Você entra em uma câmara vazia. O software de um mundo virtual é irradiado em suas lentes de contato, e o cenário de imediato altera. Em um programa, você está fugindo de dinossauros, mas em todo lugar você corre, outro dinossauro salta para fora dos arbustos. Em outro programa, você está lutando contra alienígenas ou piratas tentando embarcar em seu navio. Em outro, você decidi mudar as espécies e se transformam em duas águias que estão subindo no ar. E em outro programa, você está se divertindo em uma romântica ilha do Mar do Sul, ou dançando ao luar com a música suavemente flutuando no ar. Depois de um tempo, você e Karen querem tentar algo novo. Em vez de viver a vida imaginária, você decide viver a realidade. Então, quando você tirar as suas férias, você decide tomar um rápido tour pela Europa. Você diz para a parede, -"Molly, Karen e eu queremos um plano de férias na Europa. Um verdadeiro. Por favor, verifique em voos, hotéis e todos os specials. Em seguida, liste uma mostra possível, ou eventos que podem nos interessar. Você sabe o nosso gosto". Em poucos minutos, Molly prepara um itinerário detalhado. Mais tarde, ao caminhar pelas ruínas do Fórum Romano, você pode ver o Império Romano ressuscitar em suas lentes de contato. Passando pelas colunas espalhadas, pedras e entulhos, você pode olhar sobre o que já foi a Roma Imperial, no auge da sua

glória. E fazer compras é um prazer, mesmo quando a negociação no comércio local está toda em italiano. Você pode ver claramente as traduções que aparecem abaixo da pessoa com quem você está falando. E não há mais guias e mapas desajeitados. Tudo está em suas lentes de contato. À noite, olhando para o céu à noite a Roma, você pode ver claramente as estrelas dispostas em constelações na sua lente de contato. Olhando para o céu, você poderá ver imagens ampliadas dos anéis de Saturno, os cometas em alta, as belas nuvens de gás, e estrelas explodindo. Um dia, Karen finalmente revela um segredo, sua verdadeira idade. É sessenta e um. De alguma forma, isso não parece ser muito mais importante. "Então, Karen, você se sente mais feliz agora que nós vivemos tanto tempo?" -*"Sim, sim!",* Ela responde de imediato. -*"Você sabe, minha avó viveu em uma época quando as mulheres se casavam, e formavam uma família e, talvez, eram espremidas em apenas uma carreira. Mas eu gosto de sentir que eu tivesse reencarnado três vezes, com três carreiras, e nunca mais olhei para trás. Primeiro, eu era uma guia turística em vários países, viajando pelo mundo. Era uma vida maravilhosa. O turismo é uma indústria tão grande, com muitos empregos. Mas depois, eu queria fazer algo mais relevante. Então, eu me tornei advogada, defendendo os casos das pessoas que me preocupavam. E então, eu decidi entregar meu lado artístico e comecei a minha empresa de web design. E você conhece alguma coisa? Tenho orgulho de dizer que nunca usei um robô. Nenhum robô pode ser um guia turístico pessoal, vencer um processo em tribunal, ou produzir belas peças de arte".* -"Só o tempo vai dizer", você pensa consigo mesmo. "E você está planejando uma quarta carreira?" Você pergunta. -*"Bem, talvez se algo melhor aparecer".* Ela sorri para você -"Karen", você finalmente diz: -"Se parar de envelhecer, então como você saberá quando é o melhor momento para, você sabe assim tipo... casar, ter filhos, e criar uma família? O relógio biológico saiu pela janela de décadas atrás. Então eu estava pensando, talvez seja hora de sossegar e ter uma família". -*"Quer dizer, ter filhos?",* Diz Karen, um pouco surpresa. -*"Isso é algo que eu não tinha levado a muito sério. Bem, até agora... Tudo depende de o o homem certo aparecer",* diz ela, enquanto ela sorri maliciosamente para você. Mais tarde, você e Karen discutem o casamento, e que nome você poderá escolher para uma criança, e também o que os genes que você quer que o garoto tenha. Você vai para a tela da parede e diz: "Molly, você pode me dar à lista dos últimos genes que tenham sido aprovados pelo governo?" Quando você verifica a lista, você vê os vários genes para a cor do cabelo, cor dos olhos, altura, construindo, até alguns traços de personalidade que estão sendo oferecidos agora. A lista parece crescer a cada ano. Você também pode ver a longa lista de doenças hereditárias que podem ser curadas. Desde o gene da fibrose cística sendo executado em sua família há séculos, é um alívio não ter que preocupar mais com isso. Analisando a lista de genes aprovados, você sente que não é apenas um pai do futuro, mas uma espécie de deus, criando uma criança segundo a sua imagem. Então, Molly diz: -*"Um novo programa pode analisar o DNA de um bebê e depois dar uma*

aproximação razoável do seu rosto no futuro, a forma do corpo, e personalidade. Você quer baixar este programa e ver com quem o seu filho poderá se parecer no futuro?" -"Não", você diz. -"Algumas coisas devem ser deixadas como um mistério".

Um Ano Depois

Karen está grávida, mas seus médicos tranquilizá-la que não há perigo de pegar uma carona no elevador espacial, que agora está aberto aos turistas. -*"Você sabe", que admite Karen, "como uma criança, eu sempre quis ir para o espaço sideral. Você sabe fazer aquela coisa de astronauta. Mas um dia eu pensei em sessão em cima de milhões de galões de combustível de foguete volátil que pode explodir com uma simples faísca. Então, o meu entusiasmo com as a viagem espaciais começou há esfriar um pouco. Mas com o elevador espacial é diferente. Limpo, seguro, sem bagunça. Esse é o caminho a percorrer".*

Quando você e Karen entrarem no elevador, você verá a operador empurrar o que parece ser o botão de cima. Você meio que espera para ver o departamento de lingerie. Em vez disso, você sente que está subindo para o espaço sideral. Você sente a aceleração lenta enquanto você sobe rapidamente no ar. O visor no elevador lê, "10 km, 20 km, 30 km"... Lá fora, você vê o cenário mudar, segundo a segundo. Um momento, você está olhando para as nuvens macias passando por como você subir na atmosfera. Em seguida, o céu muda de azul para roxo e para um preto profundo e, finalmente, você ver as estrelas ao seu redor em todo seu esplendor. Você começa a ver as constelações como você nunca viu antes, brilhando ao longe. As estrelas não são brilhantes, como elas aparecem a partir da Terra, mas olhando brilhantemente, como o fizeram durante bilhões de anos. O elevador lentamente vem de uma paragem de cerca de 100 quilômetros da superfície da Terra. Do espaço, você vê uma vista deslumbrante do que você viu anteriormente apenas em fotos. Olhando para baixo, de repente você vê a Terra em uma luz inteiramente nova. Você vê os oceanos, os continentes, e as luzes das megacidades que brilham no espaço exterior. Do espaço, a Terra parece tão serena que é difícil acreditar nas pessoas uma vez que o sangue derramado em guerras bestas ao longo das fronteiras. Estas nações ainda existem, mas elas parecem tão antiquadas, menos relevantes hoje, em uma época quando a comunicação é instantânea e ubíqua. Quando Karen coloca a cabeça no seu ombro, você começa a perceber que você está testemunhando o nascimento de uma nova civilização planetária. E o seu filho vai estar entre os primeiros cidadãos desta nova civilização. E então você pode tirar um livro velho, desgastado do seu bolso traseiro, e ler para ela as palavras de alguém que morreu há mais de 100 anos atrás. Que lembra que os desafios enfrentados pela humanidade antes de atingir uma civilização planetária.

Mahatma Gandhi uma vez escreveu: As Raízes da Violência são: A riqueza sem o trabalho, O prazer sem a consciência, O conhecimento sem o caráter, O comércio sem moralidade, A ciência sem humanidade, A adoração sem sacrifícios, A política sem princípios.

Agradecimentos

Eu gostaria de agradecer a todos aqueles indivíduos que trabalharam incansavelmente para tornar este livro um sucesso. Em primeiro lugar, gostaria de agradecer aos meus editores, Roger Scholl, que tem sido o guia de muitos dos meus livros anteriores e veio com a ideia de um livro desafiador como este, e também Edward Kastenmeier, que pacientemente fez inúmeras sugestões e revisões a este livro que foi muito reforçado e melhorado com sua apresentação. Gostaria também de agradecer a Stuart Kritchévski, meu agente por tantos anos, que sempre me incentivou a assumir novos e os mais excitantes desafios. E, claro, gostaria de agradecer ás mais de três centenas de cientistas que eu entrevistei ou com que tive debates com respeito à ciência. Eu gostaria de pedir desculpas por arrastar uma equipe de TV da BBC-TV ou do Discovery e do Canal de Ciências em seus laboratórios e empurrando microfones e câmeras de TV na frente de seus rostos. Isso pode ter interrompido a sua investigação, mas eu espero que o produto final tenha valido á pena. Gostaria de agradecer a alguns desses pioneiros e desbravadores:

Eric Chivian, ganhador do Prêmio Nobel, Centro de Saúde e Meio Ambiente Global, A Harvard Medical School Peter Doherty, ganhador do Prêmio Nobel, da Investigação do St. Jude Children's Hospital Gerald Edelman, ganhador do Prêmio Nobel, Instituto de Pesquisa Scripps Murray Gell-Mann, prêmio Nobel, Santa Fe Institute, e da Caltech Walter Gilbert, prêmio Nobel da Universidade de Harvard David Gross, Prêmio Nobel, Kavli Instituto de Física Teórica o falecido Henry Kendall, prêmio Nobel, do MIT Leon Lederman, prêmio Nobel, do Illinois Institute of Technology. Yoichiro Nambu, prêmio Nobel, da Universidade de Chicago Henry Pollack, ganhador do Prêmio Nobel, da Universidade de Michigan Joseph Rotblat, laureado com o Nobel, St. Bartholomew's Hospital Steven Weinberg, Prêmio Nobel, da Universidade do Texas em Austin Frank Wilczek, Prêmio Nobel, o MIT Amir Aczel, autor de Uranio Wars Buzz Aldrin, astronauta da NASA, o segundo homem a pisar na Lua Geoff Andersen, pesquisador associado, United States Air Force Academy, autor de O Telescópio Jay Barbree, correspondente da NBC, novidades e co-autor de Moon Shot John Barrow, físico da Universidade de Cambridge, autor de impossibilidade Marcia Bartusiak, autora de Sinfonia Inacabada de Einstein Jim Bell, professor de astronomia da Universidade de Cornell Jeffrey Bennet, autor de Beyond UFOs Bob Berman, astrônomo, autor de Segredos do Céu Noturno Leslie Biesecker, chefe de Genética Disease Research Branch, National Institutes of Health Piers Bizony, escritor de ciência, autor de Como construir sua própria espaçonave Blaese Michael, ex-cientista do Instituto Nacional de Saúde Alex Boese, fundador do Museu de Embustes

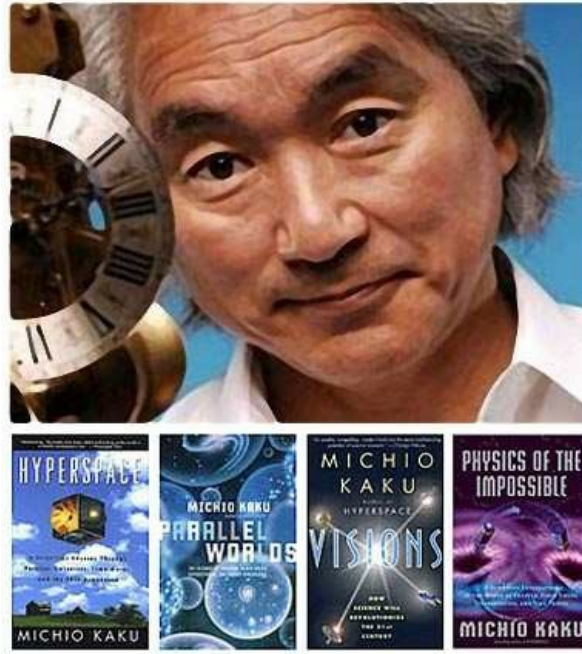
Nick Bostrom, transumanista, da Universidade de Oxford, o tenente-coronel Robert Bowman, Instituto de Estudos Espaciais e de Segurança Lawrence Brody, chefe da Tecnologia do Genoma Branch, National Institutes of Health Rodney Brooks, ex-diretor, Laboratório de Inteligência Artificial do MIT Lester Brown, fundador do Earth Policy Institute Michael Brown, professor de astronomia, Caltech James Canton, fundador do Institute for Global Futures, autor de O Futuro Extreme Arthur Caplan, diretor do Centro de Bioética da Universidade da Pensilvânia Fritjof Capra, autor de A Ciência de Leonardo Sean Carroll, cosmólogo, Caltech Andrew Chaikin, autor de Um Homem na Lua Leroy Chiao, o astronauta da NASA George Church, diretor do Centro de Genética Computacional, Harvard Medical School Thomas Cochran, o físico, a Natural Resources Defense Council Christopher Cokinos, escritor de ciência, autora de The Sky Fallen Francis Collins, diretor do Instituto Nacional de Saúde Vicki Colvin, diretor de Nanotecnologia Biológica e Ambiental, Universidade de Rice Neil Comins, autor dos perigos da viagem espacial Steve Cook, diretor do Space Technologies, Dynetics, porta-voz da NASA Christine Cosgrove, autor de normal a qualquer custo Steve Cousins, presidente e CEO da Willow Garage Brian Cox, físico da Universidade de Manchester, BBC host ciência Phillip Coyle, ex-subsecretário de Defesa, Departamento de Defesa dos EUA Daniel Crevier, autor do AI: A tumultuosa história da Pesquisa de Inteligência Artificial, CEO da CoreCo Ken Croswell, astrônomo, autor do magnífico Universo Steven Cummer, ciência da computação da Universidade de Duke Mark Cutkosky, engenharia mecânica da Universidade de Stanford Paul Davies, físico, autor de Superforce. Aubrey de Gray, diretor científico da Fundação SENS o falecido Michael Dertouzos, ex-diretor do Laboratório de Ciência da Computação do MIT Jared Diamond, vencedor do Prêmio Pulitzer, professor de geografia, UCLA Mariette DiChristina, editor-chefe, Scientific American Peter Dilworth, o ex-cientista do MIT AI Lab John Donoghue, criador do BrainGate, Brown University. Ann Druyan, viúva de Carl Sagan, Cosmos Studios Freeman Dyson, professor emérito de Física, Instituto de Estudos Avançados, em Princeton Jonathan Ellis, físico CERN Daniel Fairbanks, autor de Relíquias do Éden Timothy Ferris, professor emérito da Universidade da Califórnia, em Berkeley, autor De volta a Era na Via Láctea. Maria Finitzo, cineasta, vencedor do prêmio Peabody, Mapeamento de Investigação em Células Estaminais. Robert Finkelstein, especialista em IA Christopher Flavin, Worldwatch Institute Louis Friedman, co-fundador da Sociedade Planetária James Garvin, cientista da NASA ex-chefe, a NASA Goddard Space Flight Center Evalyn Gates, autor do Telescópio de Einstein Jack Geiger, co-fundador, Médicos pela Responsabilidade Social David Gelernter, professor de ciência da computação, da Universidade de Yale Neil Gershenfeld, diretor do Centro de Bits e Átomos, MIT Gilster Paul, autor de Centauri Dreams Rebecca Goldburg, cientista sênior ex-Fundo de Defesa Ambiental, diretor de Ciência Marinha, Pew Charitable Trust Don Goldsmith, astrônomo, autor de O Universo. Runaway Seth Goldstein, professor de ciência da computação da

Universidade Carnegie Mellon. David Goodstein, reitor adjunto anterior da Caltech, professor de física J. Richard Gott III, professor de ciências da astrofísica, da Universidade de Princeton, autor de Tempo de Viagem em Einstein's Universe, o biólogo falecido Stephen Jay Gould, de Harvard Lightbridge Corp Embaixador Thomas Graham, especialista em satélites espiões John Grant, autor de Corrupted Ciência Eric Green, diretor do National Human Genome Research Institute, National Institutes of Health Ronald Green, autor dos Bebês Desenhados Brian Greene, professor de matemática e física, da Universidade de Columbia, autor de O Universo Elegante Alan Guth, professor de física do MIT, autor de O Universo Inflacionário William Hanson, autor de The Edge of Medicine Leonard Hayflick, professor de anatomia da Universidade da Califórnia em San Francisco Medical School. Donald Hillebrand, diretor do Centro de Pesquisa em Transporte, Laboratório Nacional de Argonne. Frank von Hipple, físico da Universidade de Princeton. Jeffrey Hoffman, ex-astronauta da NASA, professor de aeronáutica e astronáutica, do MIT. Douglas Hofstadter, vencedor do prêmio Pulitzer, autor de Gödel, Escher, Bach. John Horgan, Stevens Institute of Technology, autor de O Fim da Ciência. Jamie Hyneman, apresentador do programa MythBusters. Chris Impey, professor de astronomia da Universidade do Arizona, autor do cosmos Robert Irie, ex-cientista no IA Lab, do MIT, Massachusetts General Hospital. P. J. Jacobowitz, da revista PC. Jay Jaroslav, ex-cientista do MIT IA Lab. Donald Johanson, paleontólogo, descobridor de Lucy. George Johnson, jornalista de ciência, do New York Times. Tom Jones, ex-astronauta da NASA. Steve Kates, apresentador de rádio e astrônomo. Jack Kessler, professor de neurologia, diretor do Instituto de Neurociência Feinberg, Universidade Northwestern. Robert Kirshner, astrônomo da Universidade de Harvard. Kris Koenig, o cineasta e astrônomo Lawrence Krauss, da Universidade Estadual do Arizona, autor do livro A Física de Jornada nas Estrelas. Robert Lawrence Kuhn, filósofo e cineasta, PBS série de TV mais próxima da verdade. Ray Kurzweil, inventor, autor de The Age of Spiritual Machines. Robert Lanza, biotecnologia Advanced Cell Technology. Roger Launius, co-autor de Robôs no Espaço. Stan Lee, criador da Marvel Comics, Homem-Aranha. Michael Lemonick, editor sênior anterior da ciência, a revista Time, Clima Central. Arthur Lerner-Lam, volcanist geólogo da Universidade de Columbia. Simon LeVay, autor de Quando a Ciência Goes Wrong. John Lewis, astrônomo da Universidade do Arizona. Alan Lightman, do MIT, autor de Sonhos de Einstein. George Linehan, autor da SpaceShipOne. Seth Lloyd, do MIT, autor do livro "Programando o Universo. Joseph Lykken, físico, Fermi National Accelerator Laboratory. Pattie Maes, do Laboratório de Mídia do MIT Robert Mann, autor de Detetive Forense Michael Paul Mason, autor de "Head Cases Patrick W. McCray, autor de Vigiando o Céu! Glenn McGee, autor de O Bebê Perfeito. James McLurkin, ex-cientista do MIT AI Laboratory, da Universidade Rice. Paul McMillan, diretor Spacewatch, Universidade do Arizona. Fulvio Melia, professor de física e astronomia da Universidade de Arizona. William Meller, autor de

Evolution Rx. Paul Meltzer, Institutos Nacionais de Saúde. Marvin Minsky, do MIT, autor de A Sociedade da Mente. Hans Moravec, professor e pesquisador da Universidade Carnegie Mellon, autor do robô, o físico Phillip Morrison, mais tarde, o MIT. Richard Muller, astrofísico da Universidade da Califórnia em Berkeley. Nahamoo David, ex-IBM Human Language Technology. Christina Neal, volcanist, Alaska Volcano Observatory, Serviço Geológico dos EUA. Michael Novacek, curador, mamíferos fósseis, American Museum of Natural History. Michael Oppenheimer, ambientalista, da Universidade de Princeton. Dean Ornish, professor clínico de medicina da Universidade da Califórnia em San Francisco. Peter Palese, professor de microbiologia, MT. Sinai School of Medicine. Charles Pellerin, ex-funcionário da NASA. Sidney Perkowitz, professor de Física, da Universidade Emory, autor de Hollywood Science. John Pike, diretor da GlobalSecurity.org. Jena Pincott, autor de Do Senhores Realmente Preferem as Loiras? Tomaso Poggio, a inteligência artificial do MIT. Correy Powell, editor-chefe, a revista Discover. John Powell, fundador, JP Aerospace. Richard Preston, autor do livro A Zona Quente e O Demônio no Freezer. Raman Prinja, professor de astrofísica da Universidade College London. David Quammen, escritor de ciência, autora de The Reluctant Mr. Darwin. Katherine Ramsland, cientista forense. Lisa Randall, professora de Física Teórica da Universidade de Harvard, autor de Warped Passages. Sir Martin Rees, professor de cosmologia e astrofísica, da Universidade de Cambridge, autor de "Antes do início". Jeremy Rifkin, fundador da Fundação sobre Tendências Econômicas. David Riquier, diretor de Corporate Solidário, do MIT Media Lab. Jane Rissler, Union of Concerned Scientists. Steven Rosenberg, do Instituto Nacional do Câncer, Instituto Nacional de Saúde. Paul Saffo, futurista, anteriormente com o Instituto para o Futuro, professor consultor na Universidade de Stanford o falecido Carl Sagan, da Cornell University, autor de Cosmos. Nick Sagan, co-autor de Você chama isso de futuro? Michael Salamon, além da Nasa do programa de Einstein. Adam Savage, apresentador do programa MythBusters. Peter Schwartz, futurista, co-fundador da Global Business Network, autor de uma visão longa, Michael Shermer, fundador da Sociedade de Céticos e da revista Skeptic. Donna Shirley, ex-gerente, da Nasa Mars Exploration Program. Seth Shostak, do Instituto SETI. Neil Shubin, professor de biologia e anatomia da Universidade de Chicago, autor de seu Inner Fish. Paulo Shuch, emérito diretor executivo, SETI League. Peter Singer, autor de Wired for War, do Brookings Institute. Simon Singh, autor do Big Bang. Gary Small, co-autor de iBrain. Paulo Spudis, do Programa de Geologia Planetária do Instituto de Ciência Espacial da Nasa, a divisão do Sistema Solar. Steven Squyres, professor de astronomia da Universidade de Cornell. Paul Steinhardt, professor de Física, Universidade de Princeton, co-autor do Universo Infinito. Gregory Stock, UCLA, autor de Redesenhando os Seres Humanos. Richard Stone, O Último Grande Impacto na Terra, da Discovery Magazine. Brian Sullivan, ex-funcionário do Planetário Hayden. Leonard Susskind, professor de física da

Universidade de Stanford. Daniel Tammet, autista, autor de Nascido em um Dia Azul. Geoffrey Taylor, físico da Universidade de Melbourne o designer de Ted Taylor, de ogivas nucleares dos EUA. Max Tegmark, físico do MIT. Alvin Toffler, autor de A Terceira Onda. Patrick Tucker, World Future Society. O almirante Stansfield Turner M., ex-diretor da CIA. Chris Turney, da Universidade de Exeter, Reino Unido, autor de "Gelo, lama e sangue". Neil de Grasse Tyson, diretor de Hayden Planetarium. Sesh Velamoor, Fundação para o Futuro. Robert Wallace, co-autor de Espionagem, ex-diretor do escritório da CIA de Serviços Técnicos. Kevin Warwick, Ciborgues Humanos, da Universidade de Reading, Reino Unido. Fred Watson, astrônomo, autor de Stargazer, o falecido Mark Weiser, da Xerox PARC. Alan Weisman, autor de The World Without Us. Daniel Werthimer, SETI at Home, Universidade da Califórnia em Berkeley. Mike Wessler, ex-cientista, o MIT AI Lab. Arthur Wiggins, autor de A Alegria de Física. Wynshaw Anthony-Boris, Institutos Nacionais de Saúde. Carl Zimmer, escritor de ciência, autor de Evolution. Robert Zimmerman, autor do livro Saindo da Terra. Robert Zubrin, fundador da Mars Society.

"Os impérios do FUTURO serão os impérios da mente". - Winston Churchill

Sobre o Autor

Michio Kaku é professor de física teórica pela Universidade da Cidade de Nova York, cofundador da teoria das cordas, e autor de vários aclamados best-sellers de livros de ciência, incluindo Hiperespaço e Física do Impossível: que serviram de base para o Science Channel e a TV Sci Fi: Apresentador de dois programas de rádio, Explorações e Ciência Fantástica, que são transmitidos para mais de 140 estações de rádio.

Estes livros também são do autor:

- *Física do Impossível.*
- *Mundos Paralelos.*
- *Hiperespaço.*
- *Visões.*
- *O Cosmos de Einstein.*
- *Além de Einstein.*